Vivian L. Mendonça

Biologia

ENSINO MÉDIO
BIOLOGIA
1º ANO

Volume 1

MANUAL DO PROFESSOR

- Ecologia
- Origem da Vida e Biologia Celular
- Embriologia e Histologia

AJS

Manual do Professor

Biologia

VOLUME
1
ENSINO MÉDIO

DIVULGAÇÃO PNLD

- ECOLOGIA
- ORIGEM DA VIDA E BIOLOGIA CELULAR
- EMBRIOLOGIA E HISTOLOGIA

COMPONENTE CURRICULAR:
BIOLOGIA
LIVRO NÃO CONSUMÍVEL

Vivian L. Mendonça
Licenciada e bacharel em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP). Mestra em Ciências pelo Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP). Professora da Rede Privada de Ensino na cidade de São Paulo.

3ª edição
SÃO PAULO
2016

AJS

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Mendonça, Vivian L.
Biologia : ecologia : origem da vida e biologia celular embriologia e histologia : volume 1 : ensino médio / Vivian L. Mendonça. -- 3. ed. -- São Paulo : Editora AJS, 2016. -- (Coleção biologia)

Componente curricular : Biologia
Suplementado pelo manual do professor.
Bibliografia.

ISBN 978-85-8319-118-6 (aluno)
ISBN 978-85-8319-119-3 (professor)

1. Biologia (Ensino médio) I. Título.
II. Série.

16-03583 CDD-574.07

Índices para catálogo sistemático:
1. Biologia : Ensino médio 574.07

Editores
Arnaldo Saraiva
Joaquim Saraiva
Apoio administrativo
Elizabete Portela
José Márcio Teixeira
William Lange
Apoio digital
Nelson Quaresma
Thiago Ferreira
Direção editorial
Vivian L. Mendonça
Gerência editorial
Michelle Beralde
Produção editorial
Editora AJS
Pesquisa iconográfica
Cláudio Perez
Leitura crítica
Carla Newton Scrivano
Revisão
Janaína L. Andreani Higashi (coordenação)
Vivian Nunes
Projeto gráfico e capa
Nelson Arruda
Thiago Oliver
Edição de arte
Nelson Arruda
Thiago Oliver
Editoração eletrônica
Nelson Arruda
Thiago Oliver
Saguy/Sammartes
Imagem da capa
Jesse Nguyen/Shutterstock

A J S

Rua Xavantes, 719 - sala 632
CEP 03027-000 – São Paulo – SP
Tel.: (11) 2081-4677
Fax: (11) 2081-4677
editora@editoraajs.com.br
site: www.editoraajs.com.br

Impresso no Parque Gráfico da Editora FTD S.A.
CNPJ 61.186.490/0016-33
Avenida Antonio Bardella, 300
Guarulhos-SP – CEP 07220-020
Tel. (11) 3545-8600 e Fax (11) 2412-5375

Ethan Daniels/Shutterstock

“Em respeito ao meio ambiente, as folhas deste livro foram produzidas com fibras obtidas de árvores de florestas plantadas, com origem certificada.”

‹ Prezado Professor ›

No sentido de contribuir com seu trabalho em sala de aula, estamos oferecendo-lhe uma coleção de Biologia em três volumes, de aspecto agradável, interessante, ricamente ilustrada e, acima de tudo, atualizada, completa e adequada às necessidades do estudante do Ensino Médio.

Trata-se de um livro dosado, sem excessos, nem faltas. Os conceitos são abordados de modo contextualizado, possibilitando aos estudantes compreender a Biologia como Ciência dinâmica, pois dinâmica é a vida, em constante transformação. Oferecemos sugestões de atividades e leituras que, sob sua orientação, podem contribuir com o desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Da mesma forma que os conhecimentos em Biologia estão interligados, existem fortes relações entre essa e as outras Ciências da Natureza (Química e Física), e também com outras áreas, como a Geografia e a Matemática. Além disso, o estudo dos seres vivos ocorre em determinado contexto social, cultural e histórico, o que amplia ainda mais as relações que podemos fazer entre conceitos da Biologia e outros campos do conhecimento. Nesta coleção, essas relações estão presentes nos textos e nas atividades, buscando ampliar a compreensão do mundo.

Nos livros desta coleção, os estudantes são convidados a relacionar conceitos entre si e com observações que fazem em seu cotidiano, na região onde moram. A seleção de temas e sua abordagem também foram feitas com o objetivo de abrir oportunidades de refletir a respeito tanto de sua realidade local quanto global, e de tomar decisões sustentáveis em sua vida, que favoreçam a conservação do meio ambiente e de sua saúde.

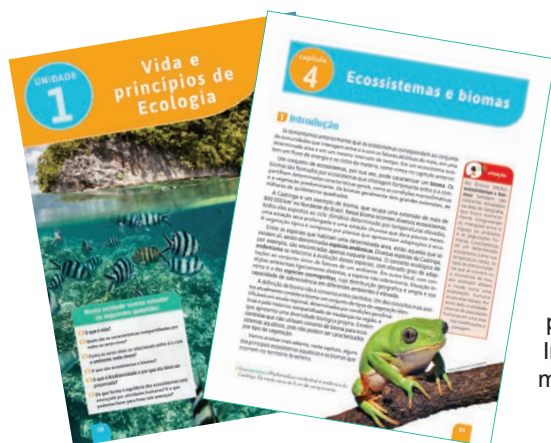
Trata-se, enfim, de um livro capaz de ajudar o jovem a conquistar novos espaços com vista na sua formação profissional, mas também capaz de permitir-lhe a utilização prática de seus conhecimentos, como cidadão consciente integrado à sociedade e à natureza.

Ficamos honrados em poder servir como recurso didático e de apoio às suas aulas e estamos à disposição para esclarecimentos, sugestões e críticas. Desejamos estabelecer uma parceria Autor-Professor(a), na promoção de um ensino de Biologia que contribua efetivamente para a formação de cidadãos brasileiros conscientes e responsáveis.

Sucesso!

A autora e os editores

Conheça a estrutura deste livro

Organização dos temas

Este livro está organizado em 3 unidades temáticas, que iniciam com uma imagem de abertura e uma lista de questões intrigantes, cujas respostas você encontrará ao longo dos capítulos. A lista das unidades e dos capítulos consta do sumário.

Os capítulos estão organizados em itens e subitens numerados, que permitem localizar facilmente os temas. Imagens complementam os textos, para melhor compreensão de cada assunto.

Glossário etimológico

Compreender o significado de uma palavra é muito melhor do que apenas memorizá-la. Pensando nisso, no final do livro você encontra um glossário etimológico, com o qual é possível compreender a origem e o significado de diversos termos próprios da Biologia.

Seções

Para toda regra, há exceção, e essa máxima também vale para a Biologia. Na seção *Vamos criticar o que estudamos?*, alguns assuntos abordados no capítulo são analisados de maneira crítica.

Em *Leitura*, você encontra textos para aprofundamento de um tema, muitas vezes relacionando-o a outras áreas do conhecimento e com assuntos da atualidade. Quando o texto foi retirado de uma obra ou quando foram utilizadas fontes de consulta, elas estão indicadas e, assim, você pode conferir essas referências quando quiser se aprofundar no assunto. Na Ciência também é assim: as informações são sempre fornecidas com base em trabalhos publicados anteriormente. Ao final de cada leitura, são propostas atividades para auxiliar e ampliar a interpretação do texto.

Ao final de cada capítulo, há sugestões de *Atividades* para você resolver no caderno.

Boxes complementares

CURIOSIDADE

Aqui você encontra informações interessantes a respeito de um tema abordado no capítulo.

ATENÇÃO

Lembretes importantes relacionados ao tema estudado são colocados neste boxe.

RECORDE-SE

Este boxe ajuda a relembrar conceitos importantes para o entendimento de um tema.

MULTIMÍDIA

Dicas de livros, *sites* e filmes; o ícone indica qual deles está sendo recomendado.

PENSE E RESPONDA

Questões para você resolver no caderno, usando seus conhecimentos e seu raciocínio.

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

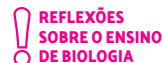
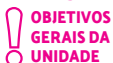
Sugestões de atividades para fazer em equipe, exigindo organização das tarefas e criatividade.

ATIVIDADE PRÁTICA

Roteiros que envolvem seleção de materiais e sequência de procedimentos, para você e seus colegas realizarem observações, elaborarem e testarem hipóteses ou verificarem experimentalmente determinados fenômenos, sempre sob a supervisão do professor.

Professor: comentários e informações para auxiliarem o seu trabalho em sala de aula estão presentes ao longo dos capítulos, na cor magenta. Os seguintes ícones aparecem como lembretes para consulta ao Manual:

OBJETIVOS GERAIS DA UNIDADE | ABERTURA DA UNIDADE | COMENTÁRIOS GERAIS | REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DE BIOLOGIA | SUGESTÃO DE ATIVIDADE

Símbolos nas imagens

Esquemas ou ilustrações, em que as cores nem sempre correspondem exatamente às cores reais dos objetos representados, devido à sua finalidade didática.

Visualização à vista desarmada (a olho nu) – para objetos grandes, até o mínimo de 10 milímetros (mm) em sua maior dimensão.

Imagem obtida com uso de lupa ou de microscópio estereoscópico de luz – para objetos de 100 mm a 1 mm.

Quando aparecer um dos símbolos abaixo, trata-se de uma micrografia, ou imagem obtida ao microscópio. Utilizamos este símbolo apenas para facilitar a identificação; os microscópios eletrônicos são muito diferentes dos microscópios de luz.

Imagem obtida ao microscópio de luz, apresentando material tratado com corantes e/ou técnicas especiais – para objetos de 10 mm a 0,01 mm.

Imagem obtida ao microscópio eletrônico de transmissão, colorizada artificialmente – para objetos de 0,1 mm a 0,0001 mm.

Imagem obtida ao microscópio de luz, ou óptico, apresentando a cor natural do material – para objetos de 10 mm a 0,01 mm.

Imagem obtida ao microscópio eletrônico de varredura, colorizada artificialmente – para objetos de 10 mm a 0,0001 mm.

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Prensa Três

James Gathany/CDC

Este comentário aparece nas imagens que apresentam organismos ou estruturas sem utilizar a mesma escala. Por exemplo: em uma fotomontagem, colocando um gato e um carrapato na mesma escala, seria difícil visualizar o carrapato. Assim, o gato estará representado em uma escala reduzida em relação ao seu tamanho natural, enquanto o carrapato estará em escala ampliada em relação às suas dimensões reais.

Além do livro...

Você pode conhecer mais a respeito dos temas abordados neste livro por meio das dicas do boxe *Multimídia* e de pesquisas em jornais, revistas, outros livros e recursos digitais. Buscar novos conhecimentos e compartilhar com os colegas suas descobertas é uma excelente maneira de ampliar sua visão de mundo e exercitar sua autonomia.

Para encontrar informações relevantes e corretas ao fazer uma pesquisa na internet, é fundamental escolher boas referências e tomar alguns cuidados importantes:

- Escolha um *site* de busca confiável e delimite o assunto a pesquisar, pois quanto mais amplo o tema, maior a dificuldade em encontrar o que deseja.
- Escolha palavras-chave que levem diretamente ao que deseja saber. Dica: use duas ou mais palavras.
- Confira se escreveu corretamente as palavras, pois erros ortográficos podem atrapalhar a busca.
- Tenha instalado no navegador da internet uma ferramenta de segurança contra conteúdos impróprios e vírus.
- Dê sempre preferência aos *sites* de organizações governamentais, instituições de pesquisa ou ONGs bem estabelecidas, pois elas costumam ser mais exigentes quanto à qualidade de suas publicações.
- Evite *sites* escritos por indivíduos ou grupos com alguma linha específica de pensamento, pois o conteúdo pode ser de caráter opinativo e não imparcial.
- Compare as informações encontradas em dois ou mais *sites* para garantir a veracidade dos dados.

Ao fazer uma pesquisa, anote os dados relevantes e registre sempre as fontes de onde foram coletados. Pesquisar além do livro é uma ótima forma de rever conceitos e aprofundar seus conhecimentos.

Veja no Manual mais informações a respeito de pesquisas na internet.

Sumário

UNIDADE 1

Capítulo 8

Capítulo 9

Capítulo 10

UNIDADE 3

UNIDADE 1

Vida e princípios de Ecologia

OBJETIVOS GERAIS DA UNIDADE

ABERTURA DA UNIDADE

Ethan Daniels/Shutterstock

Nesta unidade vamos estudar as seguintes questões:

- O que é vida?
- Quais são as características compartilhadas por todos os seres vivos?
- Como os seres vivos se relacionam entre si e com o ambiente onde vivem?
- O que são ecossistemas e biomas?
- O que é biodiversidade e por que ela deve ser preservada?
- De que forma o equilíbrio dos ecossistemas está ameaçado por atividades humanas? E o que podemos fazer para frear tais ameaças?

Paisagens nas ilhas Palau, no oceano Pacífico. A foto foi tirada na interface entre o mar e o ar, permitindo ver peixes e corais na paisagem submarina e uma ilha com vegetação acima da superfície. O peixe listrado, nativo da região, mede cerca de 18 cm de comprimento.

capítulo 1

Vida e composição química dos seres vivos

COMENTÁRIOS GERAIS

1 Como definir vida?

Uma das ciências que você estuda no Ensino Médio é a **Biologia**.

Biologia!

O que é isso? Vamos descobrir.

Você pode construir boa parte do seu conhecimento examinando o significado das palavras. Em Biologia, isso é muito comum.

No final de cada livro desta coleção, você encontra um **glossário etimológico**, que fornece o significado de vários termos que deram origem a palavras em português. Biologia, por exemplo, é uma palavra formada por duas partes: *bio* e *logia*.

Como você pode confirmar no glossário etimológico, *bio* significa "vida" e *logia* significa "estudo". Biologia é, portanto, "estudo da vida".

Mas, para entender esse conceito, é preciso saber o que é **vida**...

Vida, do latim *vita*, pode ser entendida como o conjunto de características que mantém os seres em constante atividade. Esses seres que se mantêm em constante atividade são os **seres vivos**.

Você conhece muitos seres vivos. Nesta página estão alguns exemplos.

REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DE BIOLOGIA

Haroldo Palo Jr/Kino

Cogumelo, em tamanho aproximadamente natural.

CURIOSIDADE

Por que o **glossário etimológico** tem esse nome? O termo etimológico vem de etimologia, que é o estudo da origem das palavras. O termo etimologia é formado de *étimo*, o vocábulo usado na formação de palavras, e *logia*, que significa estudo.

Corel/Arquivo da editora

Samambaia, cujas folhas medem cerca de 40 cm de comprimento.

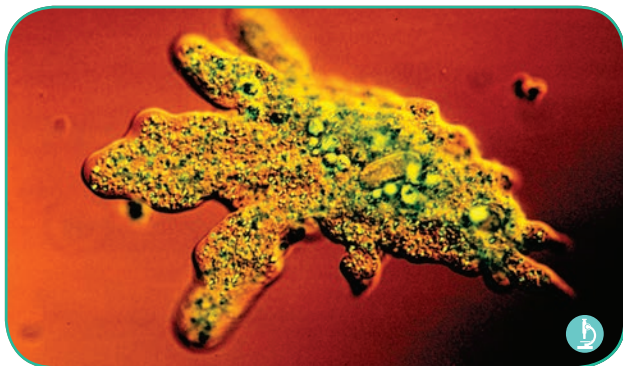
Photodisc/Arquivo da editora

Ser humano.

Jonnysek/Dreamstime

Peixe conhecido como cirurgião-azul-claro, que mede cerca de 20 cm de comprimento.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

Latinstock/Visuals Unlimited/Corbis

A **ameba** é um organismo microscópico. Essa ameba vive em ambiente aquático e mede cerca de 0,5 mm de diâmetro.

Latinstock/Eye of Science/Science Photo Library

Essas **bactérias** vivem no interior do intestino humano e medem cerca de 0,003 mm de comprimento.

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

Com 2 ou 3 colegas, faça uma lista de características que, na opinião de vocês, as bactérias e a ameba possuem em comum com os organismos que foram apresentados na página anterior.

Resposta pessoal, para resgate do conhecimento prévio dos alunos. A questão proposta permite verificar se os alunos se recordam de que esses seres são formados por célula (talvez se lembrem que são organismos unicelulares), se reproduzem, possuem metabolismo. Pelos símbolos usados nas legendas das imagens, os alunos poderão verificar que a ameba e as bactérias mostradas são microscópicas.

Como este é o primeiro capítulo, recomendamos destacar aos alunos como interpretar as imagens e os símbolos utilizados (descritos no início do livro). A imagem da ameba foi obtida ao microscópio óptico usando uma técnica especial chamada contraste de fase e teve suas cores realçadas – tal informação é indicada pelo símbolo verde. A imagem das bactérias foi obtida ao microscópio eletrônico de varredura e colorizada por meio de *software* – o que é indicado pelo símbolo laranja.

Identificar a vida em muitos seres pode parecer simples, mas o que dizer de seres como bactérias ou amebas? É necessário, nesses casos, identificar as características que mantêm esses seres em atividade, para podermos afirmar que são seres vivos.

Podemos, então, ampliar o conceito de Biologia: estudo dos seres vivos e do conjunto de características que lhes permitem permanecer em constante atividade.

Os seres vivos possuem algumas características em comum. Dentre elas, vamos analisar **ciclo vital**, **organização celular**, **crescimento**, **metabolismo**, **movimento**, **reprodução**, **evolução** e **composição química da célula**.

2 Características gerais dos seres vivos

2.1 Ciclo vital

O ser humano nasce, cresce, reproduz-se, envelhece e morre. Nascimento, crescimento, reprodução, envelhecimento e morte constituem o ciclo vital, que é uma característica geral não apenas dos seres humanos, mas de todos os seres vivos.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

Latinstock/Will & Deni McIntyre/Corbis

As mulheres desta fotografia estão em diferentes **estágios do ciclo vital** de um ser humano.

O **ciclo vital é uma característica dos seres vivos**, como as plantas. Veja as imagens de araucárias em diferentes estágios do ciclo vital. A araucária jovem mostrada na foto tem cerca de 15 m de altura e a araucária adulta (à direita) pode chegar a 30 m de altura.

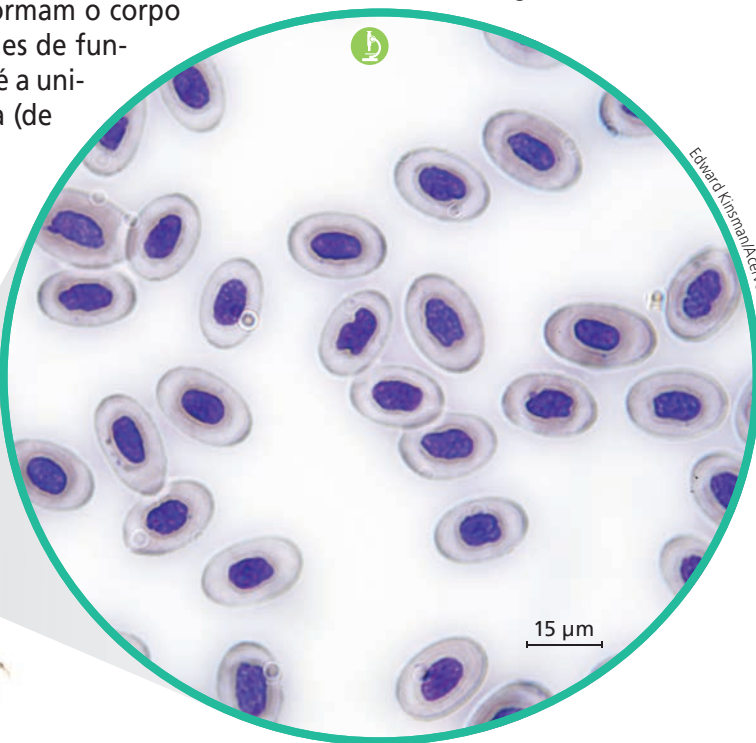
2.2 Organização celular

Como regra geral, a unidade que forma o corpo dos seres vivos é a **célula**. Quanto ao número de células, os seres vivos podem ser:

- **unicelulares** – formados por uma única célula;
- **multicelulares** – formados por numerosas células.

A ameba e as bactérias (mostradas na página anterior) são exemplos de seres formados por uma única célula. Elas são, portanto, seres unicelulares.

Você certamente está mais familiarizado com seres multicelulares, pois os animais e as plantas são seres formados por numerosas células. As células não são apenas as unidades que formam o corpo dos seres vivos – elas são, também, unidades de funcionamento. Por isso, dizemos que a célula é a unidade morfológica (formadora) e fisiológica (de funcionamento) dos seres vivos.

O corpo de um ser multicelular é formado por muitas **células**. Nesta imagem podemos distinguir as células do sangue de um lagarto. Essas células são responsáveis, principalmente, pelo transporte de gás oxigênio no organismo. O lagarto da foto mede cerca de 50 cm, incluindo a longa cauda.

ATENÇÃO

As **moneras**, representadas pelas bactérias, cianobactérias e arqueias, são os únicos seres vivos cujas células são procarióticas. São elas, por isso, seres **procariontes**. Todos os demais seres vivos de organização celular – **protistas** (protozoários e algas), **fungos**, **animais** e **plantas** – possuem células eucarióticas, sendo por isso chamados seres **eucariontes**.

Veja mais informações no Manual.

As medidas de células e suas estruturas são expressas em micrometros e nanometros, unidades apresentadas mais adiante, neste capítulo. As medidas de comprimento estão em milímetros, neste início do estudo, para facilitar o entendimento pelos alunos.

O estudo da **função**, ou funcionamento do organismo, é feito pela **Fisiologia**; o estudo do **formato** é feito pela **Morfologia**, ou **Anatomia**.

Existem células de diferentes tamanhos, formatos e funções, mas independentemente dessa grande variação, podemos classificar as células em dois tipos principais: as **procarióticas** e as **eucarióticas**. Esses tipos celulares apresentam três componentes básicos: a **membrana plasmática**, que é o envoltório da célula, o **citoplasma**, material fluido preenchendo seu interior, e o **material genético**.

Na célula eucariótica, há um **núcleo**, constituído pelo material genético e envolvido por uma estrutura membranosa, a **carioteca** ou **envelope nuclear**. É este o tipo celular que forma o corpo de certos organismos unicelulares, como amebas, paramécios e o plasmódio (protozoário causador da malária), e dos seres multicelulares, como fungos, plantas e animais.

Nas células procarióticas o núcleo individualizado é ausente. Essas células formam o corpo das bactérias e das cianobactérias, que são unicelulares.

Apesar de existirem outras diferenças importantes entre células procarióticas e eucarióticas, como analisaremos em outros capítulos, vamos neste momento nos ater à presença ou à ausência de núcleo.

Os vírus são seres que não possuem estrutura celular. No entanto, eles possuem substâncias que existem nas células e somente nelas, como é o caso do material genético, que analisaremos mais adiante.

Verifique nas imagens abaixo a diferença entre a célula eucariótica e a procariótica em relação à localização do material genético. As duas imagens estão na mesma escala, permitindo que você compare as dimensões desses dois tipos celulares.

Imagens em escala de células eucariótica e procariótica, comparando a localização do material genético em cada uma. A célula eucariótica mede cerca de 0,02 mm de diâmetro.

O texto "Minerais crescem... e agora?", na seção *Vamos criticar o que estudamos?*, complementa este tópico, aprofundando a análise sobre o que caracteriza o crescimento em seres vivos.

2.3 Crescimento

Crescimento é o aumento de tamanho do indivíduo. O crescimento somente é possível graças à constante capacidade que o ser vivo possui de incorporar e transformar matéria orgânica.

Os alimentos, devidamente transformados, são utilizados para aumentar a matéria que forma o corpo, reparar as perdas diárias e permitir que o organismo continue a manter constantes as suas atividades.

Na página 13, há um exemplo de crescimento: o da araucária ao longo de seu ciclo vital. De uma pequena semente desenvolve-se a araucária jovem, com caule, folhas e raízes desenvolvidos. Em alguns anos, ela se torna uma árvore de grande porte. No processo de crescimento de um ser multicelular, caso da araucária, o número de células aumenta e materiais são incorporados ao organismo.

Nivetj / Dreamstime

O filhote de arara-canindé sofre diversas transformações até se tornar adulto. Ele nasce com cerca de 15 cm de comprimento, cego, sem penas e completamente dependente de cuidados parentais. Durante o desenvolvimento, o corpo **cresce** em comprimento e em massa e fica recoberto de penas.

Veja agora as imagens desta página. Com pouco mais de um mês de vida, o filhote de arara-canindé possui cerca de 30 cm de comprimento. Quando adulta, a arara mede cerca de 80 cm de comprimento. Os alimentos ingeridos pela arara são utilizados na manutenção das atividades de seu organismo e também no crescimento do corpo.

Haroldo Palo Jr/Kino

2.4 Metabolismo

A matéria incorporada pelo organismo precisa ser transformada para poder ser aproveitada. Nesse processo, ocorre liberação de energia e produção de outras substâncias.

O que acontece com essa energia e com as substâncias produzidas? Parte da energia liberada é transformada em calor e parte é utilizada para o funcionamento do organismo. Já as substâncias participam de um complexo sistema de síntese, em que são produzidas outras substâncias necessárias ao crescimento do organismo e à reparação de suas perdas.

Esse conjunto todo de atividades do organismo tem o nome de **metabolismo**. É o metabolismo que fornece matéria e energia para que o organismo possa manter-se em constante atividade, o que caracteriza a vida e os seres vivos.

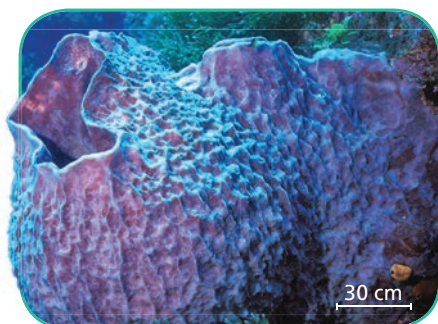
André Seale/Pulsar Imagens

A arara-canindé alimenta-se, basicamente, de sementes e frutos, e assim obtém **energia para suas atividades**, como o voo. Esta ave mede cerca de 80 cm de comprimento.

‹2.5› Movimento

O **movimento** mais fácil de ser observado é a locomoção dos animais: eles se deslocam por conta própria de um lugar para outro. Essa é uma característica importante dos animais, mas será que todos os animais se locomovem?

Observe a foto abaixo, que mostra um animal muito comum nos costões rochosos do litoral brasileiro: a esponja.

Esponja marinha, fixa a uma rocha, fotografada em Fernando de Noronha (PE).

Zig Koch/Acervo do fotógrafo

Se observarmos uma esponja durante algum tempo, vamos verificar que ela não sai do lugar, vive presa ao substrato. Animais que não se locomovem, como as esponjas, são chamados **sésseis**, ou fixos. Apesar de sésseis, o movimento está presente nesses organismos de diversas maneiras, sendo uma delas o movimento que ocorre naturalmente no citoplasma das células que formam o corpo, processo que se verifica no citoplasma de células de todos os organismos.

A locomoção não é um movimento exclusivo dos animais, pois é observada também em outros seres vivos, como a maioria dos protozoários, seres eucariontes formados por uma única célula.

Os **paramécios** são protozoários comuns em água doce. Cada um é formado por uma única célula, capaz de se locomover com o auxílio de estruturas chamadas cílios.

Getty Images

Outros tipos de movimentos podem ser observados em seres vivos. As plantas podem alterar sua posição, realizando diversos tipos de movimento em resposta a estímulos do ambiente. Um desses estímulos é a luz, como representado na imagem a seguir. Você talvez já tenha observado plantas ornamentais colocadas em varandas voltarem-se para fora, onde há luz.

As **plantas apresentam movimentos**, como se observa nos caules das plantas que se voltam para a fonte de luz.

Cathlyn Melloan/Getty Images

‹2.6› Reprodução

Uma das características dos seres vivos é a **reprodução**, por meio da qual surgem os descendentes.

A reprodução garante a sobrevivência das espécies, pois por meio dela formam-se indivíduos iguais ou semelhantes aos que se reproduziram. A reprodução é, portanto, a função destinada à **perpetuação da espécie**.

Podemos reunir as diversas formas de reprodução em dois grupos: **reprodução sexuada** e **reprodução assexuada**.

Como regra geral, podemos dizer que a reprodução sexuada ocorre quando existem dois sexos na espécie: o masculino e o feminino.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

Na maioria dos animais, por exemplo, os sistemas reprodutores, feminino e masculino, situam-se em indivíduos diferentes. No entanto, em alguns animais, como a minhoca, os dois sistemas encontram-se no mesmo indivíduo que, por isso, é chamado **hermafrodita**.

A reprodução sexuada envolve células especiais chamadas **gametas**. Com a fecundação do gameta feminino pelo masculino forma-se a célula-ovo ou **zigoto** que dará origem ao novo indivíduo. No caso dos hermafroditas, pode ocorrer a **autofecundação**, em que o gameta masculino une-se ao feminino do mesmo indivíduo, dando origem a um descendente.

Os indivíduos gerados por reprodução sexuada não são idênticos aos progenitores, pois são formados a partir do material genético do gameta masculino e do gameta feminino.

A reprodução assexuada não envolve a formação de gametas e pode ocorrer de diferentes maneiras, como você estudará mais adiante.

Por enquanto, vejamos um exemplo: a ilustração ao lado representa um tipo de reprodução assexuada, a **divisão binária** ou **cissiparidade**, ocorrendo em um ser unicelular, a ameba.

Observe que a ameba original sofre divisão celular, transformando-se em duas amebas. Essas duas "amebas-filhas" são, inicialmente, menores do que a ameba original, mas elas crescem e, assim, cada ameba divide-se novamente por divisão binária, gerando sempre novos indivíduos idênticos entre si.

Na reprodução assexuada formam-se indivíduos com o mesmo patrimônio genético do indivíduo que se reproduziu. Os indivíduos que se formam por reprodução assexuada são idênticos entre si e são chamados **clones**: organismos que possuem o mesmo patrimônio genético.

Divisão binária em ameba

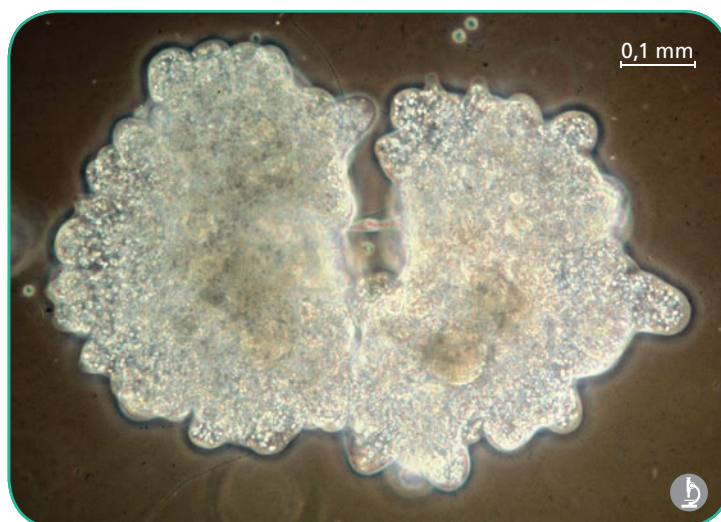
ameba

divisão celular

população final de amebas

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Esquema ilustrando o resultado de sucessivas **divisões binárias em amebas**. A partir de uma ameba originam-se duas amebas geneticamente idênticas.

0,1 mm

Biophoto Associates/Photoresearchers/Latinstock

Ameba em etapa final da **divisão binária**.

‹2.7› Evolução

Veja no Manual comentários a respeito de cladogramas e da evolução dos elefantes.

Os seres vivos podem sofrer alterações no seu material genético. Essas alterações são chamadas **mutações** e são observadas tanto nos seres que possuem reprodução assexuada em seu ciclo de vida, quanto nos que possuem reprodução sexuada. Com isso, mesmo nos organismos que se reproduzem assexuadamente, podem surgir indivíduos diferentes, deixando de ser clones do indivíduo inicial.

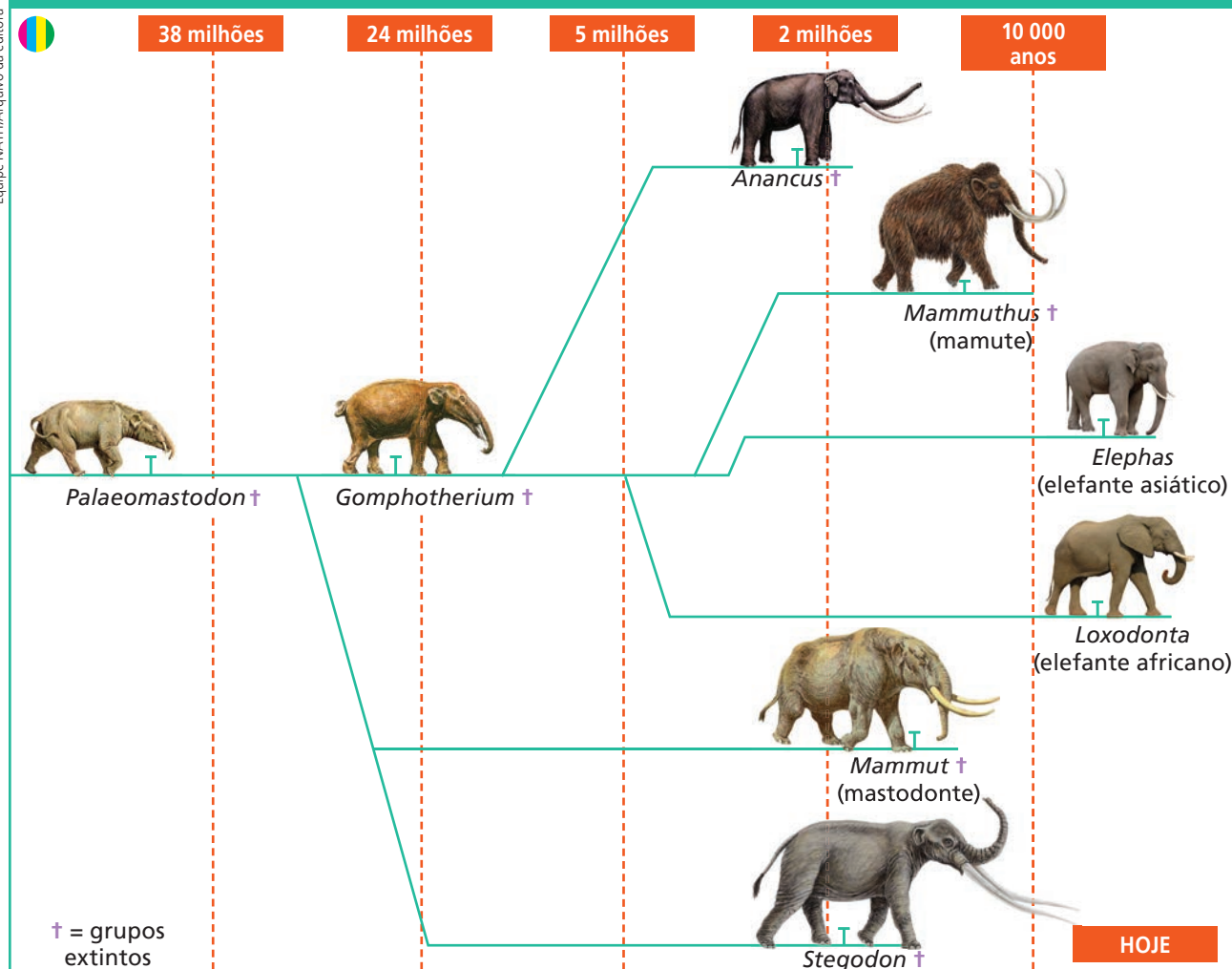
Nos organismos com reprodução sexuada, as mutações podem ocorrer tanto nas células que constituem o corpo — denominadas **células somáticas** — quanto nos **gametas** e nas células, podem ser hereditários. Do ponto de vista da transmissão das características de pais para filhos, as mutações nas células reprodutoras podem ser hereditárias.

Assim, na reprodução sexuada, as diferenças entre o descendente e seus pais não se devem apenas ao fato de ser o descendente formado por meio do material recebido dos dois; deve-se também a possíveis mutações sofridas pelos pais no material genético que transmitem aos filhos.

Como resultado dessas modificações no patrimônio genético, observa-se que os indivíduos de uma mesma população não são todos idênticos em suas características, existindo **variabilidade**. No ambiente em que vive, o conjunto de características de um indivíduo pode prejudicar ou favorecer sua sobrevivência.

Esquema ilustrando a hipótese da **origem evolutiva dos elefantes atuais**: gêneros *Elephas* (elefante asiático) e *Loxodonta* (elefante africano). Os valores referem-se a milhares ou milhões de anos atrás. O elefante africano mede entre 2,5 m e 4,0 m de altura. Os outros gêneros estão representados em escala.

Elefantes: provável história evolutiva

Equipe NATH/Arquivo da editora

Os indivíduos com mais chances de sobreviver também são aqueles com maiores chances de se reproduzir e deixar descendentes, que podem herdar essas características que trouxeram vantagens no ambiente.

De modo simplificado, podemos dizer que as características de um grupo de indivíduos são selecionadas pelas condições do ambiente e, ao longo das gerações, as "vantajosas" são mantidas e as "não vantajosas" tendem a ser eliminadas. Esse processo é o que se chama de **seleção natural**.

A ação da seleção natural sobre o patrimônio genético de uma população faz com que, ao longo do tempo, os indivíduos apresentem modificações em relação às gerações passadas, podendo levar à formação de novas espécies. Esse processo é chamado de **evolução**.

Veja na página anterior um esquema simplificado que representa uma hipótese a respeito da origem evolutiva dos elefantes dos tempos atuais. Eles guardam semelhanças com elefantes extintos, que viveram em períodos geológicos passados e puderam ser conhecidos por meio de **fósseis**: registros da presença de organismos que viveram em outros períodos geológicos da Terra. No caso dos ancestrais dos elefantes, esses registros foram deixados nas rochas e correspondem a partes de seu esqueleto. Ao longo da história evolutiva dos elefantes, representada aqui de 38 milhões de anos atrás até os dias atuais, surgiram linhagens que foram extintas, como a do mamute, e duas que existem até hoje.

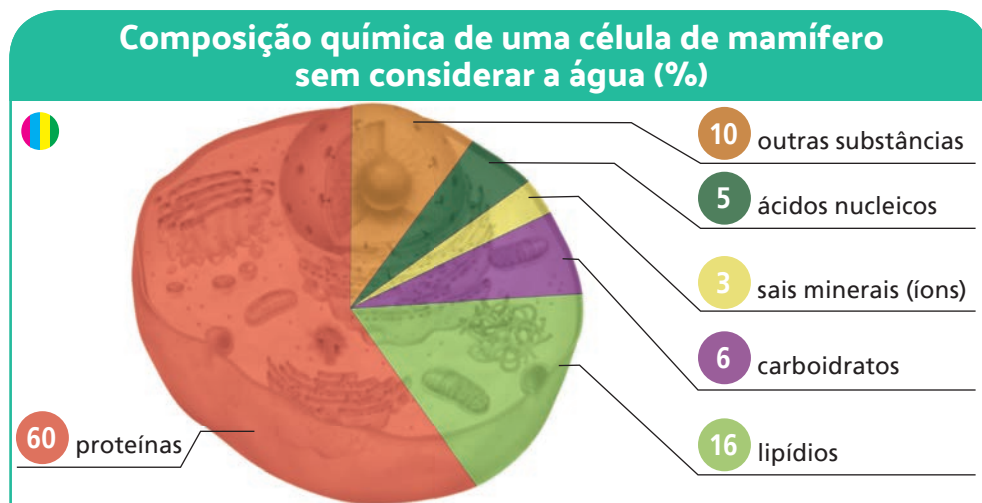
A evolução é uma importante característica dos seres vivos, sendo um processo bastante complexo, por meio do qual se formam novas espécies. A evolução dos seres vivos é tema que será aprofundado no volume 3 desta coleção.

2.8 Composição química das células

As células possuem composição química característica. Possuem ácidos nucleicos, proteínas, carboidratos (como a glicose) e lipídios. Essas são as chamadas **substâncias orgânicas**, que se caracterizam basicamente pela associação de átomos de carbono, oxigênio, hidrogênio e nitrogênio.

Além delas, os seres vivos apresentam também **substâncias inorgânicas**, como água e sais minerais, em suas células e no espaço intercelular, no caso de organismos multicelulares. Uma célula típica de mamíferos contém em torno de 70% e 75% de água. O gráfico abaixo representa a proporcionalidade aproximada entre as demais substâncias existentes nas células desses animais.

Composição química de uma célula de mamífero sem considerar a água (%)

Equipe NATH/Arquivo da editora

Fonte: PRESCHER, J. A.; BERTOZZI, C. R. Chemistry in living systems. *Nature Chemical Biology,* v. 1, 2005, p. 13-21.

ATENÇÃO

Átomos, moléculas, substâncias... Esses termos soam familiares? Eles também estão presentes nas aulas de Química e Física.

Os **átomos** são os constituintes da matéria, seja ela uma rocha, um objeto de plástico ou o corpo de um ser vivo.

Ao estudar Biologia, vamos utilizar conceitos básicos da Ciência, presentes também na Química e na Física. Juntas, essas três disciplinas que você estuda no Ensino Médio formam as Ciências da Natureza, buscando compreender o Universo, a matéria e os fenômenos físicos e químicos.

Conhecimentos de outros campos do saber também são fundamentais para compreender temas de Biologia. Esteja atento, procurando sempre estabelecer as relações entre os conceitos que você estuda nas diferentes disciplinas.

O estudo dos constituintes químicos das células sugere trabalho interdisciplinar com a área de Química. Veja mais comentários no Manual.

A proporção de água no corpo de uma pessoa adulta pode variar de acordo com sua constituição, idade e sexo. A porcentagem mencionada no texto (60%) é um valor médio e está de acordo com a obra de Tortora e Grabowski, *Corpo humano* – fundamentos de anatomia e fisiologia, Artmed, 2006, p. 29.

3 Química das células

3.1 Substâncias inorgânicas

Água

A **água** é sempre a substância mais abundante no corpo dos seres vivos. Cerca de 60% da massa de uma pessoa adulta, por exemplo, é constituída por água.

ATENÇÃO

Na figura a seguir, a **molécula de água** está representada em sua forma geométrica, indicando a distribuição espacial dos átomos que a compõem. A representação do tamanho dos átomos não está na proporção real, mas busca fornecer uma noção das diferenças entre suas dimensões. As cores usadas são convencionalmente adotadas na área de Química.

Molécula de água

oxigênio

hidrogênio

hidrogênio

Gustavo Moore/Arquivo da editora

Modelo da **molécula de água**: constituída por um átomo de oxigênio (representado em vermelho) e dois átomos de hidrogênio (representados em branco). Para se ter uma ideia de sua dimensão, uma gota de água possui 10^{20} moléculas de água.

A água atua como um "solvente universal", pois muitos compostos químicos que estão dentro da célula encontram-se dissolvidos em água, e todas as reações celulares ocorrem em meio aquoso. De acordo com a sua capacidade de dissolução na água, as outras substâncias são classificadas como:

- **hidrofílicas** (que significa "amigos da água") – que se dissolvem na água;
- **hidrofóbicas** (que significa "medo da água") – que não se dissolvem na água.

A molécula de água é constituída por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio, representada pela fórmula química H_2O. Na figura acima, representa-se o arranjo espacial da molécula, que possui uma região eletricamente negativa (na extremidade onde está o oxigênio) e outra eletricamente positiva (em que estão os átomos de hidrogênio). Por essa característica, a água é classificada como uma molécula **polar**. Moléculas que não possuem polaridade são chamadas de **apolares** e não se dissolvem em água, ou seja, são hidrofóbicas.

PENSE E RESPONDA

Como você classificaria o sal de cozinha (ou cloreto de sódio) e o óleo de cozinha quanto à solubilidade em água? Qual desses compostos é hidrofílico e qual é hidrofóbico? Para verificar sua hipótese, misture uma colher de sal em um copo com água e observe; faça o mesmo para o óleo. Anote suas observações e conclusões no caderno e depois prossiga na leitura do texto para verificação.

O sal de cozinha é solúvel em água, sendo um composto hidrofílico. O óleo vegetal é insolúvel em água, sendo um composto hidrofóbico. Ao misturar água e óleo, forma-se uma mistura com duas fases.

Sais minerais

Os **sais minerais** geralmente encontram-se dissolvidos na água, formando **íons**. Os íons possuem carga elétrica negativa ou positiva. Diversos íons participam de funções da célula e, embora sejam necessários em pequenas quantidades, são essenciais para o metabolismo.

Podemos citar alguns exemplos de sais minerais importantes para o organismo humano, como o cálcio, o fósforo, o potássio, o sódio e o ferro, entre outros. A tabela na página seguinte informa algumas funções desses sais minerais no organismo humano e indica as principais fontes alimentares em que eles são encontrados.

Funções e fontes alimentares de alguns sais minerais		
Íon	**Principais funções**	**Principais fontes alimentares**
Cálcio	Está envolvido na regulação de diversas funções celulares, além de fazer parte da constituição dos ossos e participar dos processos de coagulação sanguínea e contração muscular.	• Leite e derivados • Vegetais de folhas verde-escuras
Fósforo	Faz parte das moléculas de ácidos nucleicos, entre outros compostos importantes para a célula.	• Leite e derivados • Cereais e legumes • Carnes, aves, peixes
Potássio	Está envolvido na transmissão de impulsos nervosos, na regulação da pressão sanguínea, na contração muscular e no equilíbrio hídrico do corpo, entre outras funções.	• Verduras e frutas • Carnes • Leite
Sódio	Assim como o potássio, está envolvido na transmissão de impulsos nervosos e no equilíbrio hídrico, entre outras funções.	• Sal de cozinha (cloreto de sódio)
Ferro	É componente da hemoglobina, a molécula transportadora de gás oxigênio presente nos glóbulos vermelhos do sangue.	• Carnes, fígado • Leguminosas • Vegetais de folhas verde-escuras

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Os animais obtêm sais minerais pela alimentação, e a deficiência ou excesso no seu consumo pode causar distúrbios no metabolismo. No caso do ser humano, uma alimentação variada, contendo frutas e verduras, leite e carnes, costuma suprir as necessidades diárias de sais minerais.

Os seres humanos e os outros animais não são os únicos organismos que necessitam de sais minerais. Todo o tipo de célula tem suas atividades reguladas pela concentração de íons. As plantas, por exemplo, obtêm os sais minerais de que necessitam retirando-os do substrato. A deficiência na obtenção de algum elemento pode provocar alterações características nas plantas, como no exemplo mostrado ao lado.

As folhas amareladas desta planta podem indicar **deficiência de magnésio**, um dos sais minerais essenciais para o seu metabolismo.

Latinstock/Geoff Kidd/Science Photo Library

PENSE E RESPONDA

Ao estudar os constituintes químicos das células, você vai perceber que carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos são polímeros, macromoléculas formadas por monômeros. Identifique no texto os exemplos de polímeros e de monômeros. Consultando livros de Química ou de Biologia para ensino médio, represente em seu caderno, simplificadamente, uma molécula de glicose e um trecho de molécula de amido.

Consulte o Manual.

3.2 Substâncias orgânicas

Carboidratos

Também chamados de glicídios ou hidratos de carbono, os **carboidratos** são compostos de carbono, hidrogênio e oxigênio.

O nome hidratos de carbono se refere ao fato de essas moléculas serem formadas a partir de carbono (C) e água (H_2O), ou seja, de CH_2O.

Os carboidratos mais simples são os **monossacarídeos**, cujas moléculas possuem de 3 a 7 átomos de carbono. São exemplos os açúcares:

- **glicose** e **frutose**, chamados de **hexoses** por apresentarem 6 átomos de carbono em sua molécula (multiplique CH_2O por 6 e terá uma hexose: $C_6H_{12}O_6$);
- **ribose** e **desoxirribose**, presentes nos ácidos nucleicos e chamados de **pentoses** por apresentarem 5 átomos de carbono na molécula (multiplique CH_2O por 5 e terá uma pentose: $C_5H_{10}O_5$).

Os **dissacarídeos** são formados a partir da união de dois monossacarídeos. São exemplos de dissacarídeos:

- **lactose** (glicose + galactose);
- **maltose** (glicose + glicose);
- **sacarose** (glicose + frutose).

Os açúcares simples, como a glicose e a frutose, são solúveis em água, o que possibilita identificá-los pelo sabor doce que apresentam. O mel e os frutos doces, por exemplo, possuem esse sabor por causa da presença de monossacarídeos.

O açúcar comum de cana, que é um dissacarídeo, também é solúvel em água e, assim, você pode sentir o seu sabor doce quando chupa um pedaço de cana, toma um caldo de cana ou usa a sacarose, já beneficiada, no seu café, chá ou suco.

Os **polissacarídeos** são moléculas grandes (macromoléculas) formadas por vários monossacarídeos ligados entre si. Essas macromoléculas formadas por cadeias longas de unidades que se repetem são chamadas **polímeros** e as unidades formadoras são chamadas **monômeros**.

Alguns polissacarídeos participam da estrutura de sustentação da célula, como a celulose na parede celular das plantas, enquanto outros constituem reserva de energia da célula, caso do amido, presente nas plantas, e do glicogênio, presente nos animais e fungos. Os polissacarídeos não são solúveis em água e, assim, não podemos identificar nenhum deles pelo sabor.

O pão é uma **fonte de carboidratos** na alimentação humana.

Photodisc/Arquivo da editora

Retome aqui a atividade proposta na seção *Pense e responda*, da página 20. Os alunos poderão verificar que o óleo não se mistura com a água, formando uma camada, ou fase, superficial. A posição da camada de óleo em relação à de água é explicada pela densidade das duas substâncias: o óleo é menos denso que a água.

Lipídios

São moléculas constituídas principalmente de carbono, oxigênio e hidrogênio, e sua natureza é hidrofóbica. Quando colocamos lipídios em água forma-se uma mistura heterogênea como a mostrada ao lado.

Existem vários tipos de lipídios: óleos e gorduras, fosfolipídios, ceras e esteroides.

Óleos e gorduras são importantes substâncias de reserva de energia em diversos organismos.

Os **fosfolipídios** são lipídios associados com um grupo fosfato, daí o nome dessas substâncias. Eles são os tipos de lipídios presentes na membrana plasmática de todas as células.

As ceras são comuns, por exemplo, em certas plantas e ficam depositadas sobre a superfície de folhas, atuando como um revestimento que impede a perda de água por evaporação. Existem também ceras de origem animal, como a conhecida cera de abelhas.

O esteroide mais conhecido é o **colesterol**, presente na membrana plasmática de células animais conferindo-lhe estabilidade, e utilizado pelo organismo humano na produção dos hormônios sexuais estrógeno e testosterona.

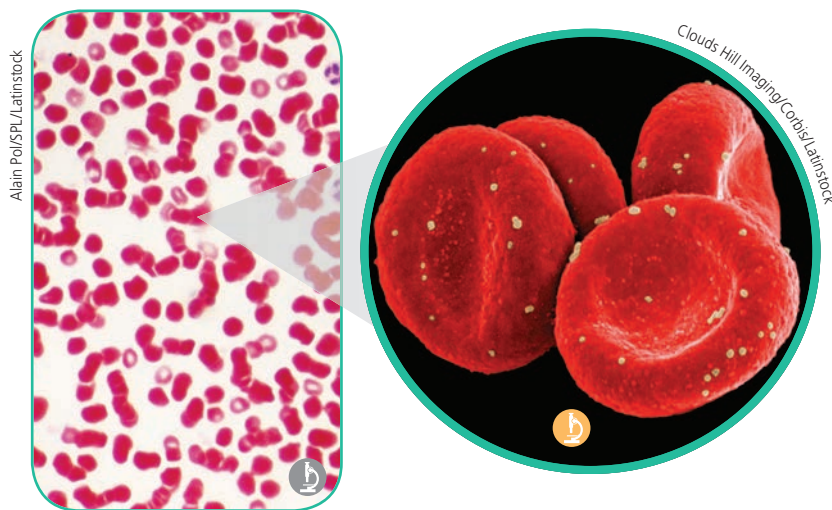
Sergio Dotta/The Next

Água e óleo formam uma **mistura heterogênea**, constituída de duas fases.

A **cera de abelhas** é produzida nas colmeias por abelhas que digerem o mel, transformando-o em lipídio. O material expelido pelas abelhas é líquido e solidifica-se à temperatura ambiente, sendo usado na construção dos favos da colmeia. A abelha mede cerca de 1 cm de comprimento.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Alain Pol/SPL/Latinstock

Clouds Hill Imaging/Corbis/Latinstock

As hemácias ou glóbulos vermelhos do sangue são células avermelhadas devido à presença, no citoplasma, do pigmento **hemoglobina**, que é uma proteína. Veja na imagem obtida ao microscópio de luz, sem uso de corante, a cor avermelhada das hemácias. No detalhe, as hemácias observadas ao microscópio eletrônico de varredura, coloridas posteriormente em programa de computador para representar sua cor vermelha. A hemácia mede cerca de 7 micrometros (ou 0,007 mm) de diâmetro.

SPL/Latinstock

10 µm

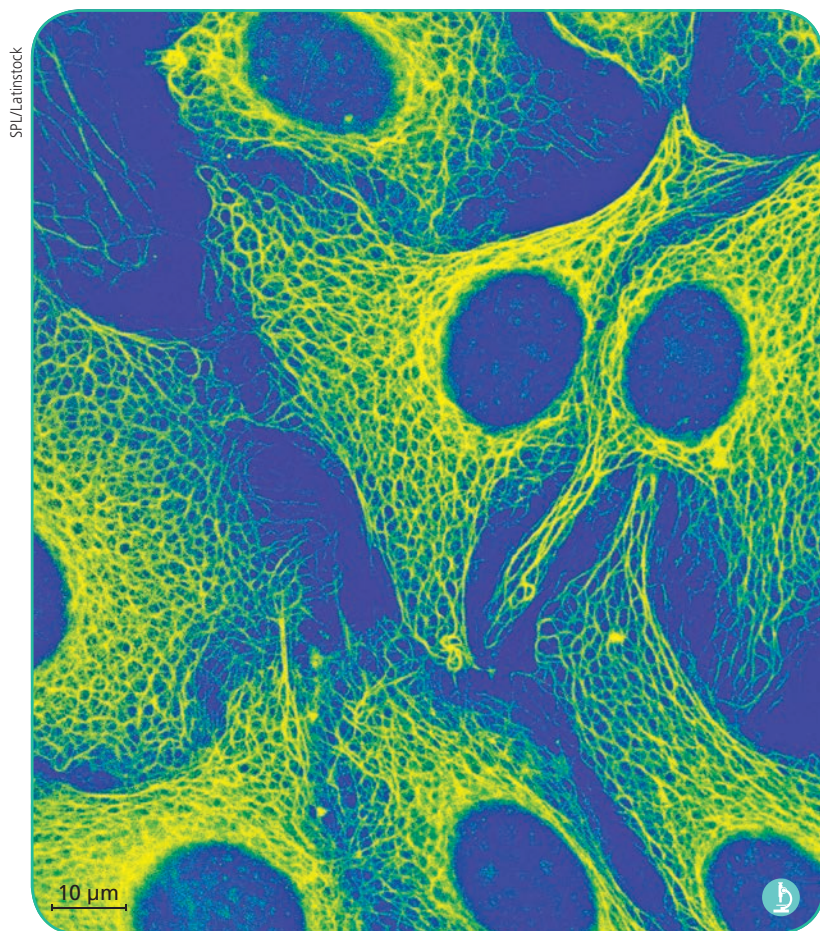



Imagem de células tratadas com uma substância fluorescente que destacou apenas as **fibras proteicas** que formam o citoesqueleto. Os círculos correspondem aos núcleos de cada uma das células.

A imagem das fibras proteicas foi obtida ao microscópio óptico. As células são fibroblastos, do tecido conjuntivo, tratados com a técnica de imunofluorescência, na qual são usados anticorpos ligados a um marcador fluorescente.

Proteínas

São polímeros constituídos de monômeros chamados **aminoácidos**. Compõem-se basicamente de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio. As proteínas fazem parte da estrutura das células e também participam de praticamente todas as reações químicas que acontecem dentro delas.

Existem 20 tipos diferentes de aminoácidos. No entanto, existem milhares de tipos de proteínas em cada organismo. Como isso é possível?

Cada proteína possui um número e uma sequência específica de aminoácidos. Compare os aminoácidos com as letras do alfabeto – com apenas 26 letras, podemos formar milhares de palavras diferentes! A síntese de proteínas será estudada com mais detalhes na unidade sobre Genética do volume 3 desta coleção, e lá você poderá entender melhor a estrutura e organização das proteínas.

As proteínas podem ter formas variadas, e estão relacionadas a diferentes funções.

Podemos agrupar as proteínas de acordo com sua função. Algumas dessas funções estão listadas a seguir, com alguns exemplos.

- **Proteínas estruturais** – queratina (pelos e unhas), colágeno (tendões e ligamentos).
- **Proteínas de defesa** – anticorpos.
- **Proteínas transportadoras** – hemoglobina do sangue (transporte de gás oxigênio e gás carbônico).
- **Hormônios** – insulina e glucagon, hormônios relacionados com a manutenção de taxa adequada de glicose no sangue.
- **Enzimas** – proteínas que aceleram reações químicas das células e do organismo.

Ácidos nucleicos

Os **ácidos nucleicos** estão relacionados com a transmissão de características hereditárias, além de comandar e controlar todas as atividades das células. Eles estão presentes em todos os seres vivos e são substâncias complexas, formadas pela repetição de um grupo de moléculas menores, os **nucleotídeos**. Cada nucleotídeo é constituído de um grupo fosfato (ácido fosfórico), uma molécula de açúcar e uma de base nitrogenada como mostra a figura abaixo.

O fosfato possui fósforo e oxigênio na sua composição. Os açúcares são pentoses.

As **bases nitrogenadas** são substâncias que, além do oxigênio e do hidrogênio (característica geral das bases), possuem também o nitrogênio. Existem cinco tipos de bases nitrogenadas, classificadas como **púricas** ou **pirimídicas**, de acordo com sua estrutura:

- **bases púricas** – adenina (**A**) e guanina (**G**);
- **bases pirimídicas** – citosina (**C**), timina (**T**) e uracila (**U**).

São dois os tipos de ácidos nucleicos: **ácido desoxirribonucleico** (**DNA**) e **ácido ribonucleico** (**RNA**).

DNA é a sigla de ácido desoxirribonucleico, formada a partir do termo em inglês: ***D**eoxyribo**N**ucleic **A**cid*. Em português, a sigla ficaria ADN.

RNA é a sigla de ácido ribonucleico, do inglês ***R**ibo**N**ucleic **A**cid*. Em português seria ARN.

O nome desses dois tipos de ácidos nucleicos deriva da pentose que ocorre em cada um deles. O açúcar presente no nucleotídeo do DNA é a **desoxirribose**; já o açúcar que se encontra no RNA é a **ribose**.

DNA e RNA também podem ser diferenciados, em sua composição química, pelas bases nitrogenadas. Citosina, guanina e adenina ocorrem em todos os ácidos nucleicos; a timina ocorre no DNA e não no RNA; a base que ocorre no RNA e não no DNA é a uracila.

Além dessas diferenças, o RNA é constituído de uma cadeia simples e o DNA possui dois filamentos emparelhados entre si, formando uma estrutura em dupla-hélice.

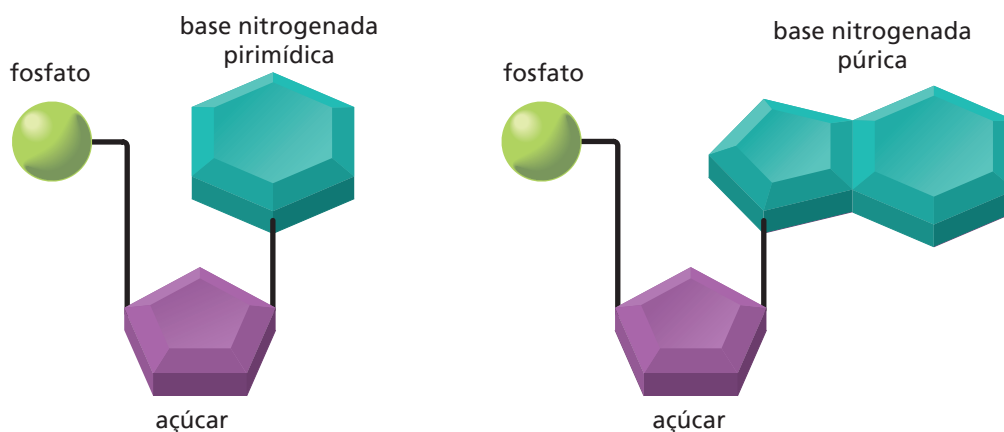
A sequência e o número de nucleotídeos que compõem cada fita do DNA e do RNA podem variar.

PENSE E RESPONDA

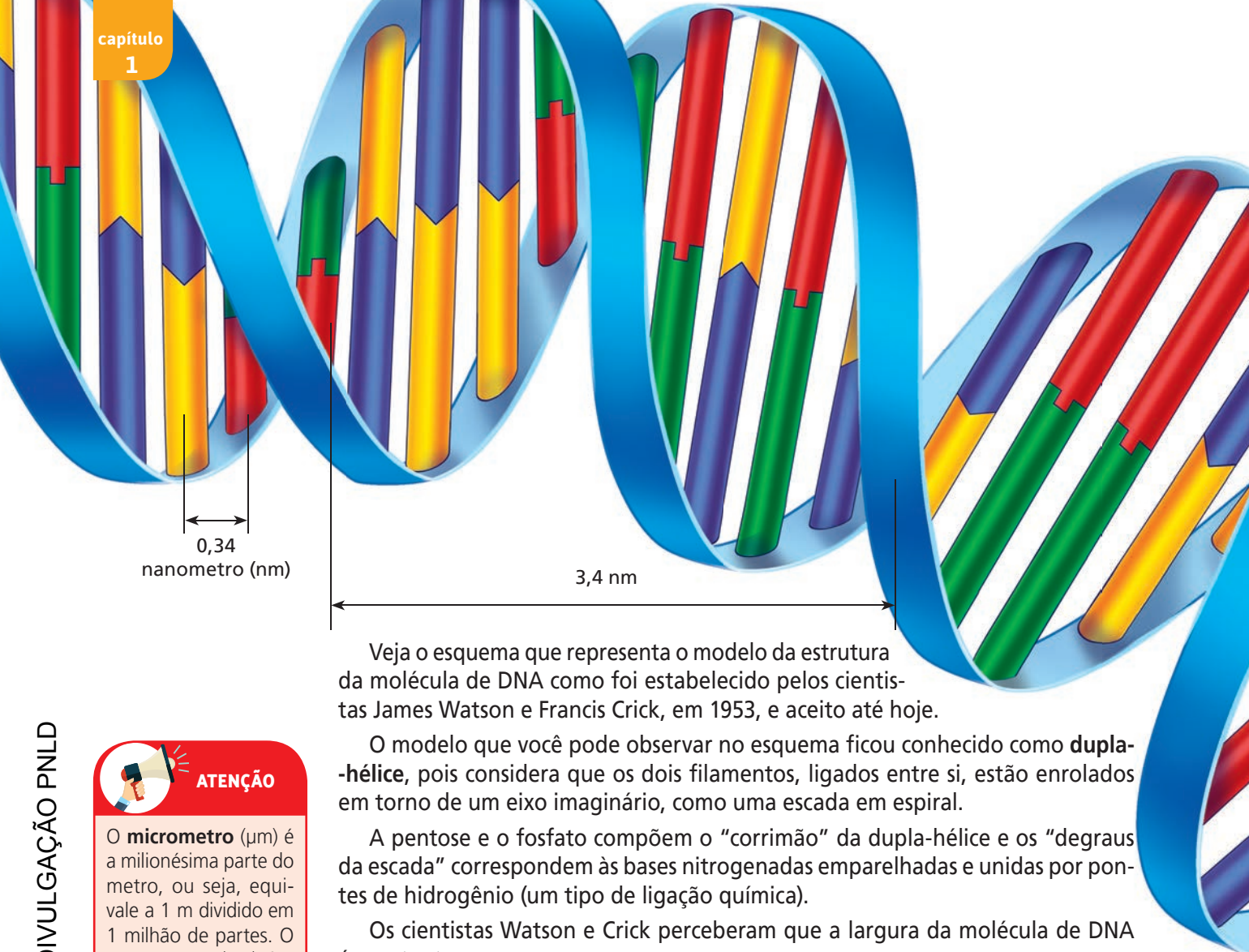
Compare as quatro bases que ocorrem no DNA – adenina, timina, guanina e citosina – com quatro letras do alfabeto. Quantas combinações diferentes poderiam ser formadas, mantendo-se o número (4) e variando-se a ordem dessas letras? Considere a possibilidade de repetir nucleotídeos na sequência.

256 sequências diferentes. Veja mais comentários no Manual.

Modelo simplificado de dois **nucleotídeos**, indicando seus componentes principais: o fosfato, o açúcar (uma pentose) e a base nitrogenada. Os componentes do nucleotídeo estão representados fora de proporção.

Nucleotídeos

A representação da estrutura molecular dos nucleotídeos está muito simplificada, considerando que neste primeiro capítulo estamos fazendo apenas uma apresentação dos ácidos nucleicos. Veja mais comentários no Manual.

0,34 nanometro (nm)

3,4 nm

Veja o esquema que representa o modelo da estrutura da molécula de DNA como foi estabelecido pelos cientistas James Watson e Francis Crick, em 1953, e aceito até hoje.

O modelo que você pode observar no esquema ficou conhecido como **dupla-hélice**, pois considera que os dois filamentos, ligados entre si, estão enrolados em torno de um eixo imaginário, como uma escada em espiral.

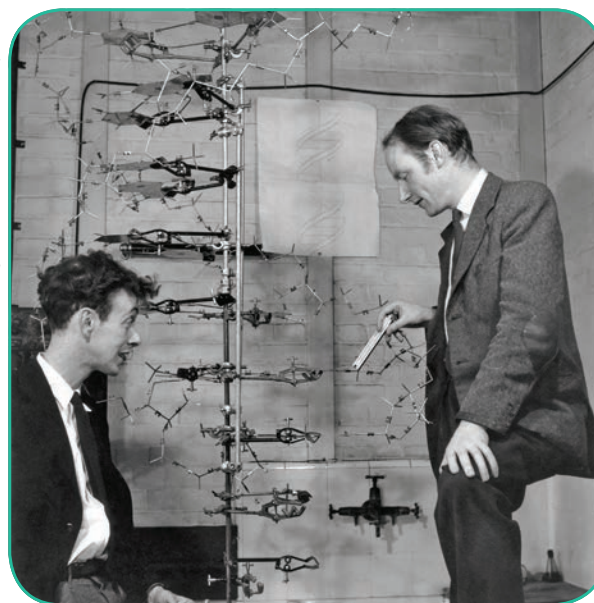
A pentose e o fosfato compõem o "corrimão" da dupla-hélice e os "degraus da escada" correspondem às bases nitrogenadas emparelhadas e unidas por pontes de hidrogênio (um tipo de ligação química).

Os cientistas Watson e Crick perceberam que a largura da molécula de DNA é constante.

Além disso, estudos indicavam que em uma molécula de DNA as proporções entre adenina e timina eram sempre iguais, o mesmo ocorrendo nas proporções entre citosina e guanina.

ATENÇÃO

O **micrometro** (µm) é a milionésima parte do metro, ou seja, equivale a 1 m dividido em 1 milhão de partes. O **nanometro** (nm) é a bilionésima parte do metro. Vamos ver tais unidades de medida de comprimentos no capítulo 7.

Latinstock/A. Barrington Brown/Science Photo Library

Os cientistas ingleses James **Watson** (1928, à esquerda) e Francis **Crick** (1916-2004), em fotografia tirada logo após a publicação do artigo na revista científica *Nature*, em 1953, descrevendo a estrutura tridimensional da molécula de DNA.

Observações como essas resultaram na conclusão de que as cadeias do DNA estão ligadas de acordo com um emparelhamento específico das bases nitrogenadas, sendo adenina complementar de timina, e guanina complementar de citosina.

Assim, se em uma amostra de DNA fosse observada uma determinada porcentagem de citosina em sua composição, a proporção de guanina teria o mesmo valor e não haveria uracila, pois essa base nitrogenada não é encontrada em nucleotídeos de DNA.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

A proporção observada seria de 20% de guanina. Considerando a molécula em dupla-hélice, o valor de nucleotídeos de guanina deve ser igual aos de citosina. Não há nucleotídeos de uracila na molécula de DNA.

PENSE E RESPONDA

Em uma amostra de DNA, foram observados 30% de adenina, 30% de timina e 20% de citosina. Qual seria a proporção observada de guanina e de uracila? Justifique sua resposta.

estrutura plana do DNA

2 nanometros

estrutura em dupla-hélice

esqueleto de desoxirribose e fosfato

bases hidrogenadas

eixo teórico de enrolamento da dupla-hélice

açúcar

ponte de hidrogênio

Representação de um trecho de **molécula** de **DNA**, baseada no modelo proposto por Watson e Crick. Na parte inferior da ilustração, os nucleotídeos foram representados em sua estrutura química. As letras representam as quatro bases nitrogenadas do DNA: A = adenina; T = timina; C = citosina; G = guanina. A letra P representa fósforo, presente no grupo fosfato. Os pontos vermelhos ilustram as pontes de hidrogênio.

ATENÇÃO

A palavra **cadeia** está sendo usada para descrever os filamentos que compõem a molécula de DNA. Nesse sentido, a palavra cadeia significa série, ou sequência, de elos, sendo esses "elos" os nucleotídeos de DNA.

O DNA possui capacidade de autoduplicação. A duplicação de cada molécula de DNA inicia-se com a separação das duas cadeias de nucleotídeos que constituem a dupla-hélice, pelo rompimento das pontes de hidrogênio que mantêm as bases complementares unidas.

Cada cadeia servirá de molde para a formação de um novo filamento complementar. Nucleotídeos de adenina, timina, citosina e guanina, disponíveis no núcleo da célula, começam a emparelhar com os nucleotídeos da cadeia molde. Uma enzima chamada **DNA polimerase** participa desses processos. O emparelhamento segue a ligação específica entre as bases nitrogenadas: adenina com timina, citosina com guanina.

Resultam, assim, duas moléculas de DNA. Em cada uma delas, a dupla-hélice é formada por um filamento "novo" (construído a partir dos nucleotídeos livres) e um filamento proveniente da molécula original. Dizemos, então, que a duplicação do DNA é **semiconservativa**.

Duplicação semiconservativa do DNA

nucleotídeos

filamento da molécula original

filamento novo

1. Segmento de molécula de DNA.

2. As duas cadeias da molécula inicial se separam e servem de molde para a formação de duas moléculas idênticas de DNA, pelo emparelhamento de novos nucleotídeos, representados em azul-claro.

3. Formam-se duas moléculas de DNA com sequências idênticas de nucleotídeos. A duplicação é semiconservativa.

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Esquema representando, de modo simplificado, um pequeno segmento da molécula de DNA em processo de **duplicação**: veja o emparelhamento dos nucleotídeos (A = adenina; T = timina; G = guanina; C = citosina) na formação de novas cadeias.

RECORDE-SE

Respiração aeróbia
Liberação de energia contida na matéria orgânica com utilização de oxigênio livre e formação de gás carbônico e água.

Fotossíntese
Nome dado em função do fato de a luz do Sol ser a fonte natural de energia utilizada pelos seres clorofilados, como é o caso das plantas, para a síntese da matéria orgânica.

O DNA também serve de molde para a síntese de cadeias de RNAs, processo que recebe o nome de **transcrição**.

Na célula eucariótica, moléculas de DNA são encontradas principalmente no núcleo, compondo os **cromossomos**; o RNA é encontrado tanto no núcleo, onde é sintetizado, quanto no citoplasma, onde participa de diversas funções e faz parte da composição de estruturas especiais chamadas **ribossomos**, importantes na síntese de proteínas.

No citoplasma de células eucarióticas, existem várias estruturas delimitadas por membranas e que desempenham funções específicas. Essas estruturas são coletivamente chamadas **organelas membranosas** e não ocorrem nas células procarióticas. Um tipo de organela membranosa presente em quase todas as células eucarióticas é a **mitocôndria**, responsável pela **respiração aeróbia**. No interior desta organela há DNA, RNA e ribossomos. Nas plantas e em outros organismos eucariontes fotossintetizantes, há nas células, além de mitocôndrias, um tipo especial de organela responsável pela realização da **fotossíntese**: os **cloroplastos**. Neles também há DNA, RNA e ribossomos.

Observe nos esquemas abaixo a organização básica das células eucarióticas animal e vegetal, que apresentam organelas membranosas no citoplasma e núcleo.

Célula animal

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

organelas membranosas
núcleo (material genético + carioteca)
membrana plasmática
ribossomos
mitocôndria (com parte removida)
citoplasma

Célula vegetal

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

núcleo
ribossomos
vacúolo de suco celular (organela membranosa que armazena água)
organelas membranosas
parede celular
mitocôndria (com parte removida)
membrana plasmática
cloroplasto (com parte removida)
citoplasma

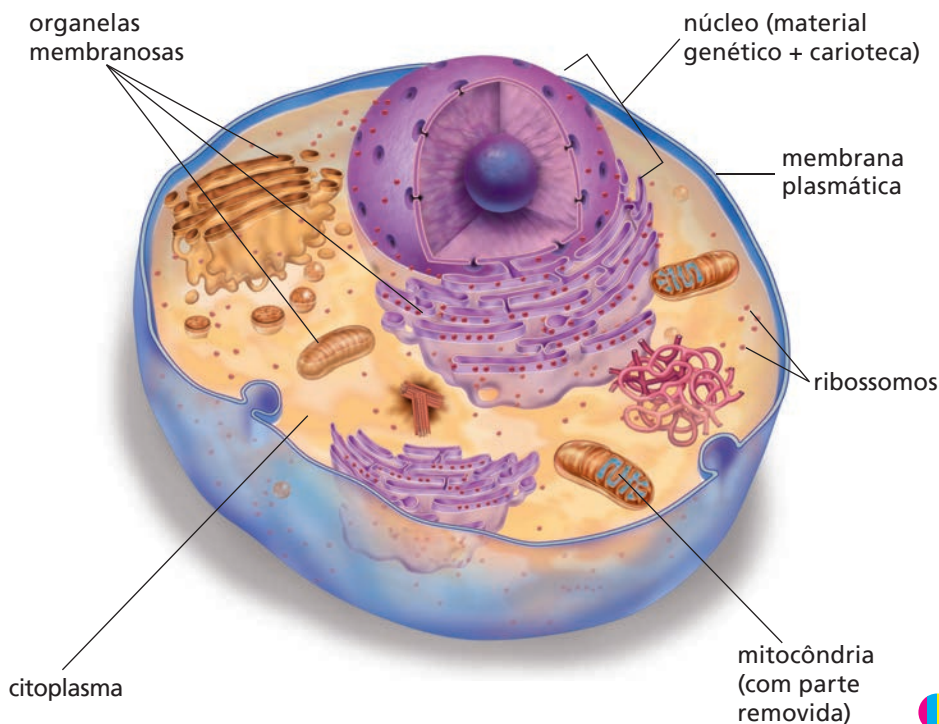
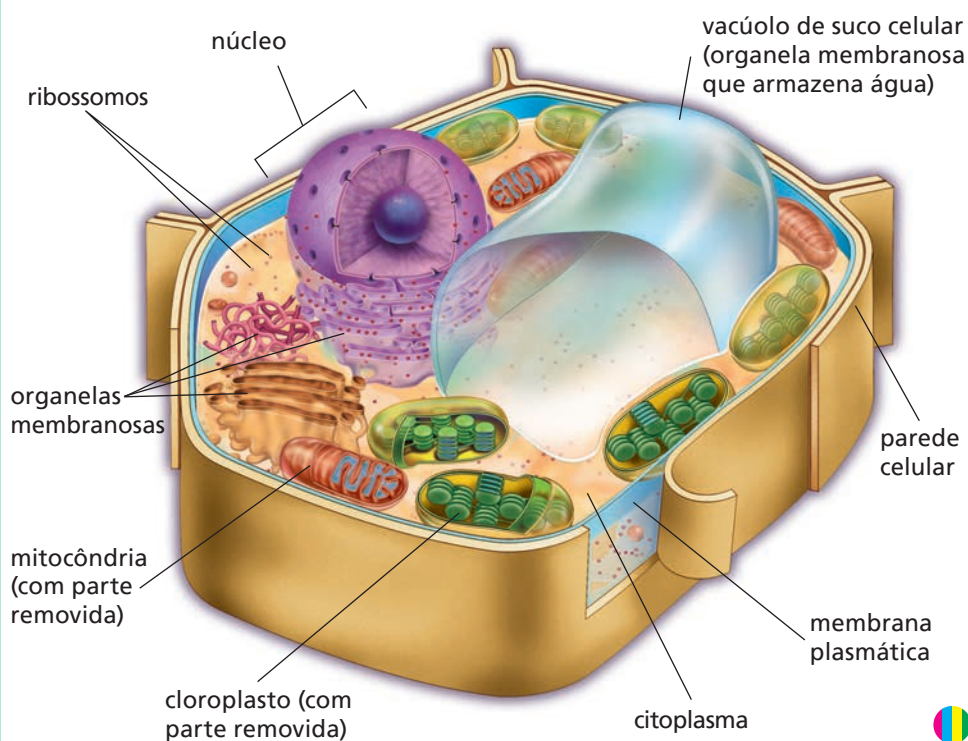
PENSE E RESPONDA

a. Existe DNA em células de sua pele? E de seu fígado? E de seu coração?

b. Existe DNA em células de uma ameba? E de plasmódio? E de alga?

c. Existe DNA nas células da alface? E da cebola?

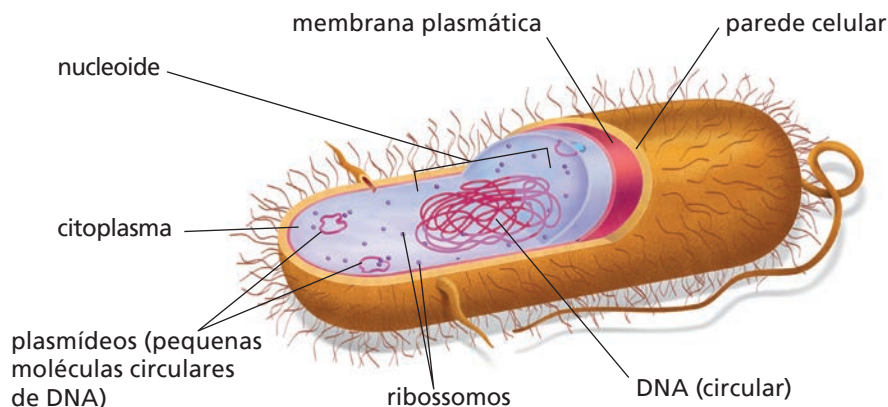
As respostas são todas afirmativas. Todos os seres vivos possuem ácidos nucleicos; os vírus de RNA são os únicos que não possuem DNA.

< Modelos representando a estrutura interna de uma **célula animal** e de uma **célula vegetal**, mostrando apenas uma das metades. Imagens como estas, que permitem observar as organelas citoplasmáticas, foram construídas baseando-se em vários cortes de células vistos ao microscópio eletrônico. As estruturas das células estão representadas fora de proporção. A célula vegetal pode ter cerca de 5 vezes o tamanho de uma célula animal, considerando que esta última tem um tamanho médio de 20 μm.

A maioria dos vírus possui apenas DNA ou apenas RNA como material genético. No entanto, existe conhecimento de pelo menos um tipo que possui os dois tipos de ácido nucleico em sua cápsula viral. Este tema é comentado no volume 2 desta coleção, no estudo dos vírus.

Veja agora este outro modelo, que representa uma célula procariótica.

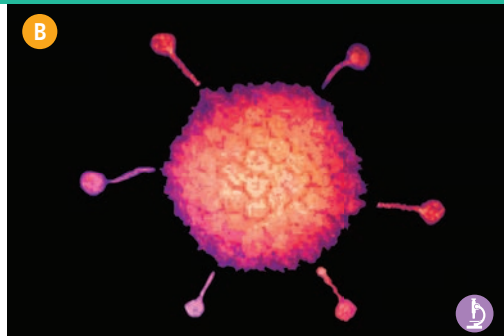
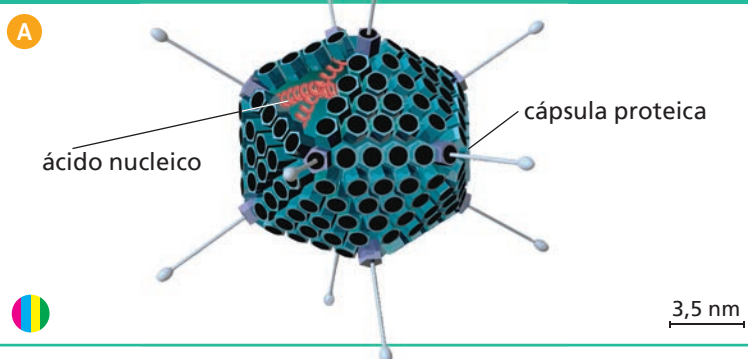
Célula procariótica

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

> Modelo de uma **célula procariótica** em corte longitudinal, baseado em imagens de microscopia eletrônica. Observe a ausência de núcleo e de organelas membranosas. O tamanho dessa célula equivale ao tamanho aproximado de uma mitocôndria (cerca de 2 μm de comprimento).

As células procarióticas não possuem núcleo nem organelas membranosas. Nelas, o DNA fica localizado em uma região do citoplasma conhecida por **nucleoide**. Nesses casos, o DNA é uma molécula circular, o que não ocorre no núcleo das células eucarióticas, onde cada molécula de DNA que forma os cromossomos é longa e filamentar. Além dessa molécula de DNA circular, muitas das células procarióticas apresentam moléculas menores de DNA, também circulares, que recebem o nome de **plasmídeos**. Esses se localizam dispersos no citoplasma. As moléculas de RNA estão presentes tanto livres no citoplasma quanto formando os ribossomos.

Estrutura de um vírus

Michael Freeman/Phototake/Glow Images

Dr. Linda Stannaed/Science Photo Library/Latinstock

^ Em A, modelo representando o adenovírus, um **vírus** de DNA, aqui ilustrado com parte de sua cápsula proteica removida, mostrando moléculas de DNA em seu interior. Veja em B uma imagem do adenovírus obtida ao microscópio eletrônico. Os vírus são muito menores do que uma célula procariótica.

Os **vírus** não possuem estrutura celular e só passam a manifestar funções vitais quando penetram uma célula hospedeira. Fora das células, os vírus são partículas inertes e, por isso, não são considerados seres vivos por alguns. Entretanto, ao encontrarem células com determinadas características, unem-se a elas e introduzem seu material genético, passando a comandar todo o funcionamento celular e reproduzindo-se em seu interior. Atuam, assim, como parasitas intracelulares. O material genético dos vírus é o mesmo encontrado em todas as células: **ácido nucleico**.

Nos vírus, estão presentes ou o DNA ou o RNA, falando-se em vírus de DNA e vírus de RNA.

A presença de ácidos nucleicos é o principal critério que se utiliza para considerar os vírus como formas particulares de vida, pois eles comandam a reprodução, sendo responsáveis por armazenar as informações genéticas e transmiti-las aos descendentes, processo verificado em todos os seres vivos.

Os adenovírus causam infecções respiratórias, urinárias e gastrointestinais no ser humano.

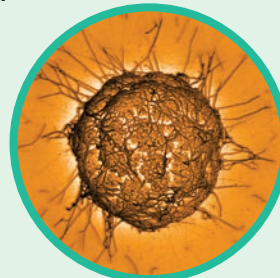
Saiba mais a respeito da descoberta de *Magnetoglobus multicellularis* pela equipe do Prof. Dr. Ulysses Lins, da UFRJ, no *site*: <www.olharvital.ufrj.br/2006/index.php?id_edicao=095&codigo=2>. Acesso em: 14 jan. 2016.

E as exceções?

Em Ciência, é muito difícil definir ou mesmo caracterizar alguma coisa ou algum fenômeno, pois frequentemente nos deparamos com exceções. Assim, quando estudamos, devemos estar atentos ao fato de que as afirmativas, de modo geral, referem-se ao que é mais frequente, ao que acontece na maioria dos casos ou dos indivíduos. Veja um exemplo.

Dissemos que os seres vivos possuem vida, isto é, mantêm-se em constante atividade.

Essa é uma afirmativa muito boa e importante para caracterizar a vida. No entanto, sabemos que algumas bactérias, como o bacilo causador do tétano, podem permanecer em forma de cistos durante anos, sem aparente manifestação vital. É o que se chama vida latente – esses seres não estão mortos, pois podem voltar à atividade vital normalmente, se encontrarem condições favoráveis.

Outro exemplo interessante é a afirmativa de que as bactérias e as cianobactérias são unicelulares. Essa é, de fato, a regra geral, mas atualmente considera-se a existência de cianobactérias multicelulares. É o caso da *Magnetoglobus multicellularis*, um procarionte formado por vinte células, descoberto por pesquisadores brasileiros nas águas da Lagoa de Araruama, estado do Rio de Janeiro.

Ulysses Lins, Professor do Instituto de Microbiologia Paulo de Góes, UFRJ

Magnetoglobus multicellularis, com cerca de 5 μm de diâmetro.

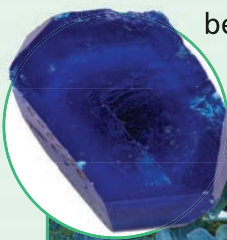
Em uma bactéria desta espécie, as vinte células crescem e se dividem, dando origem a quarenta células. Quando isso ocorre, essas quarenta células dividem-se em dois indivíduos de vinte células cada um. Sem dúvida, esses procariontes são diferentes do que se tem como regra geral para as bactérias e cianobactérias. São diferentes, escapam à regra geral... Lembre-se que:

Características gerais não significam características absolutas.

Minerais crescem... e agora?

O que caracteriza um ser vivo não é bem o fato de ele crescer, mas sim o tipo de crescimento por meio do qual ele aumenta de tamanho. O ser vivo transforma o alimento e o utiliza para suas funções vitais, inclusive para o crescimento. Lembremos que um fator importante para o crescimento dos multicelulares é a capacidade de multiplicação de suas células.

Os minerais também crescem, mas não possuem metabolismo. Ocorre apenas deposição de material, que é agregado ao material já existente, geralmente constituído pela mesma substância química.

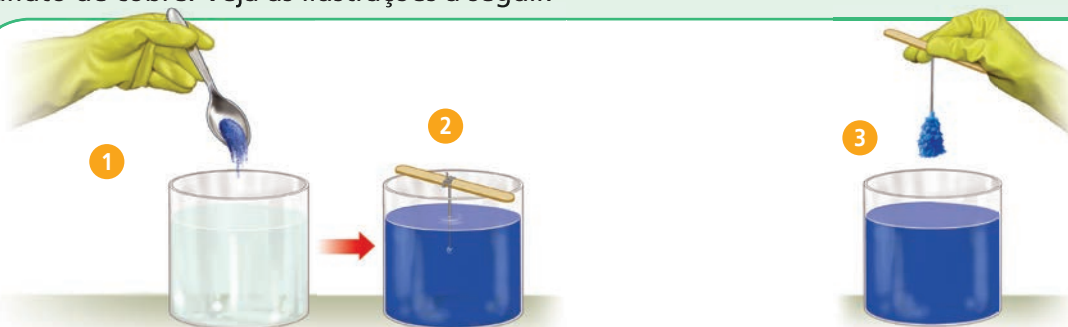
Vamos analisar, como exemplo, o mineral sulfato de cobre, cuja fórmula é $CuSO_4$. Ele pode ser encontrado em diferentes cores, assim como acontece com alguns outros minerais. Quando hidratado ocorre na tonalidade azul; desidratado é conhecido como anidro e sua coloração é verde. Misturado à cal, é utilizado como fungicida, herbicida e pesticida. Essa mistura recebe o nome de calda bordalesa, ou mistura de Bordeaux.

Dirk Wiesma/Science Photo Library /Latinstock

Marcos Peron/Kino

Veja no detalhe um cristal de sulfato de cobre e uma lavoura em que foi aplicada **calda bordalesa**, de cor azulada, para eliminar micro-organismos causadores de doenças nas plantas.

Cristal é um poliedro natural convexo, lembrando que poliedros convexos são os que não apresentam ângulos reentrantes.

Vamos descrever um procedimento experimental em que se verifica o crescimento do mineral sulfato de cobre. Veja as ilustrações a seguir.

Paulo Cesar Pereira/Arquivo da editora

1 O sulfato de cobre em pó é colocado em água, dentro de um recipiente. O ideal é dissolver bem o sulfato de cobre, de preferência com água morna. 2 Com o auxílio de um barbante fino (ou linha resistente) e palito de madeira, pendura-se um pedaço de sulfato de cobre mergulhado na mistura formada.

3 Ao longo de alguns dias, o pequeno pedaço de sulfato de cobre vai aumentando, pela deposição contínua da substância, disponível na água. É interessante observar que, deixando a pedra crescer livremente, ela assume naturalmente a forma de cristal. A ilustração mostra o resultado em que se formam diversos pequenos cristais de sulfato de cobre.

ATENÇÃO

Os procedimentos ilustrados acima não devem ser realizados, pois o sulfato de cobre é um composto tóxico. Eles podem ser feitos apenas em laboratórios especializados, observando-se todas as regras de segurança.

Mark Schneider/Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

Cristais de quartzo.

Os cristais formam-se pela deposição de material, e podem crescer continuamente desde que encontre espaço livre. Na natureza, é possível encontrar belíssimos cristais de diversos minerais, como o quartzo (SiO_2) e o cloreto de sódio, conhecido como sal comum de cozinha (NaCℓ).

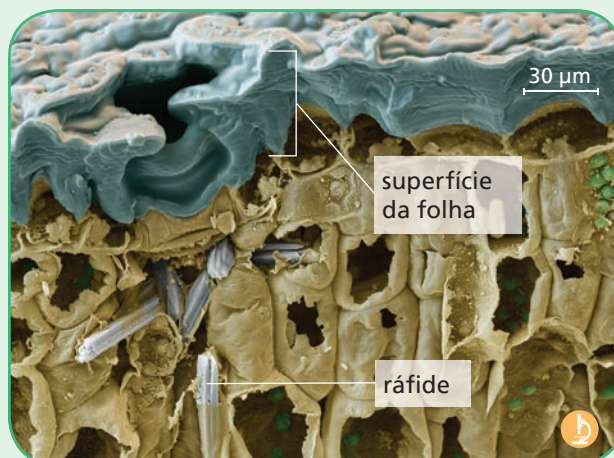
Embora os cristais mais conhecidos e numerosos sejam de minerais, muitas substâncias orgânicas também formam cristais, como ocorre, por exemplo, com o açúcar comum, a sacarose.

Dentro do organismo de seres vivos, inclusive do ser humano, podem-se formar aglomerados cristalinos, como os chamados cálculos (ou pedras) que se formam nos rins e na vesícula biliar. Em células vegetais, é comum a formação de cristais microscópicos, chamados de drusas (aglomerados de cristais) e de ráfides (em forma de agulhas). Essas formações podem ser encontradas presas à parede celular ou livres no citoplasma, geralmente compostas do mineral oxalato de cálcio.

Photoresearchers/Latinstock

Cristais de cloreto de sódio.

30 μm
superfície da folha
ráfide

Eye of Science/Science Photo Library/Latinstock

Corte de folha de sisal (*Agave*). A camada superior (em verde) é formada pelas células da epiderme da folha. Na camada inferior, estão células clorofiladas. Observe a presença de ráfides (em cinza) no interior das células.

1 O que são príons?

Vimos neste capítulo que as proteínas são moléculas fundamentais na composição das células e, portanto, dos seres vivos.

Existe uma proteína normalmente produzida pelos animais, chamada **príon celular**. Essa molécula localiza-se na membrana plasmática e é mais abundante nos neurônios, células que formam o tecido nervoso.

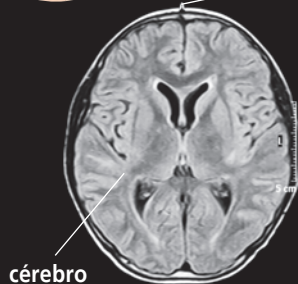
Príons modificados podem surgir de forma espontânea, por mutações. Pesquisas verificaram que a presença de príons modificados no cérebro promove a alteração da proteína príon celular. Assim, ao longo do tempo, ocorre aumento na concentração de príons modificados e a forma anormal da proteína passa a se acumular nos neurônios. Os príons modificados agem, portanto, como um agente infeccioso, atingindo o tecido nervoso. O nome **príon** é uma sigla derivada do inglês *proteinaceous infectious particle*, que significa partícula infecciosa proteinácea.

As doenças causadas pelo acúmulo de príons são chamadas de encefalopatias espongiformes. As regiões do cérebro onde se acumulam os príons são destruídas. O tecido cerebral afetado pela doença, quando analisado ao microscópio, revela as regiões destruídas pelos príons modificados, possuindo um aspecto esburacado, ou espongiforme (semelhante a uma esponja).

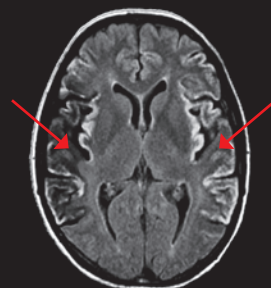
Em seres humanos, as encefalopatias espongiformes são raras, havendo poucos registros no Brasil. A presença de príons modificados no organismo humano pode ocorrer espontaneamente, por causas hereditárias ou pelo consumo de carne de animais com encefalopatia espongiforme. Nenhum caso registrado em nosso país foi relacionado ao consumo de carne de animais doentes.

No entanto, nas décadas de 1980 e 1990, milhares de rebanhos foram dizimados por causa dessa doença na Europa, havendo também alguns casos nos Estados Unidos e Canadá. O fato causou preocupação mundial, principalmente porque algumas pessoas foram diagnosticadas com a doença e morreram, com suspeita de transmissão pela ingestão de carne bovina contaminada.

A "doença da vaca louca" é o nome popular dado à encefalopatia espongiforme que atinge bois e vacas. Um outro tipo de encefalopatia espongiforme afeta ovelhas e cabras e acredita-se que foi a partir do uso de carcaças de ovelhas contaminadas em rações comerciais para bois, na década de 1980, que surgiu a forma bovina da doença. No Brasil, não há registros de casos da "doença da vaca louca" e o risco de sua ocorrência é mínimo, pois é proibido usar proteína de origem animal na fabricação de ração para bovinos.

Shutterstock

A pequena ilustração à esquerda mostra o topo da cabeça de uma pessoa e, por transparência, o cérebro. As imagens obtidas por ressonância magnética mostram o cérebro, no mesmo plano de superfície indicado nesta figura. À esquerda, está o cérebro de um homem adulto e sem problemas cerebrais. Compare com a imagem à direita, que mostra aproximadamente a mesma região cerebral de um homem com a doença de Creutzfeldt-Jakob, um tipo de encefalopatia espongiforme (as setas indicam as regiões deterioradas do cérebro).

ZEPHYR/Science Photo Library

Novas descobertas em Biologia ocorrem com incrível velocidade. Para evitar informações desatualizadas, é importante sempre consultar fontes de pesquisa confiáveis. Oriente os alunos a identificar essas fontes e buscar atualização a respeito do tema.

a) A causa é o acúmulo, no tecido nervoso, da forma anômala da proteína príon celular. Há possibilidade de transmissão hereditária ou pelo consumo de carne contaminada.
Veja mais comentários no Manual.

Com a vigilância nas criações de gado e na qualidade da carne, a transmissão da doença para seres humanos pelo consumo de carne contaminada tornou-se rara no mundo.

Fontes:

CASTRO, F. Novo papel do príon. *Agência Fapesp*. 20 maio 2009. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/10516>. Acesso em: 01 dez. 2015.

LOPES, M. H.; HAJJ, G. N. M. Doenças priônicas – Misteriosas e fatais para animais e humanos. *Ciência Hoje*, vol. 37, n. 218, p. 19-25, 2005.

PORTAL DA SAÚDE. Doença de Creudzfeldt-Jakob (DCJ). Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/svs/doenca-de-creutzfeldt-jakob-dcj>. Acesso em: 08 dez. 2015.

b) Encefalopatia: doença (*patia*) que atinge o encéfalo; espongiforme: em formato de esponja, poroso. O nome da doença se refere ao aspecto do tecido nervoso, com áreas destruídas pela morte das células afetadas pelo príon.

DEPOIS DA LEITURA...

a. A encefalopatia espongiforme, conhecida popularmente como "doença da vaca louca", é uma doença infecciosa que não é causada por um micro-organismo. O que causa essa doença? Como ela pode ser transmitida?

b. Por que a doença se chama encefalopatia espongiforme?

2 Etimologia

Hary Haony/Arquivo da editora

Em nosso dia a dia, geralmente não usamos expressões como as que estão no quadrinho, mas o uso de termos específicos é importante na Ciência, que inclui a Biologia e a Medicina. Como a etimologia poderia ajudar o paciente a entender o que o médico lhe comunicou?

A **etimologia** é o estudo da origem e formação das palavras em uma determinada língua. *Étimo* é o vocábulo utilizado na formação de palavras; *logia* significa estudo. A maioria dos étimos utilizados na formação das palavras da Língua Portuguesa é de origem latina e grega. O próprio vocábulo étimo vem do latim *etymon*, que é derivado do grego *ētymos*, formas muito parecidas, como você pode observar.

O conhecimento de etimologia é de grande importância para o estudo e entendimento de diversas atividades humanas, mas aqui vamos destacar seu especial significado para a Biologia, palavra formada por dois étimos: *bio*, que significa vida, e *logia*, que significa, como você já sabe, estudo.

Estamos utilizando a forma aportuguesada dos étimos, para facilidade de compreensão. O étimo *logia*, por exemplo, é *logos*, do grego.

Muitas vezes, a palavra formada perde seu significado etimológico, mas é mantida, consagrada pelo uso. É o caso, por exemplo, de protozoário, palavra que significa primeiro (*proto*) animal, ou animal "que veio antes". Essa palavra foi criada à época em que os protozoários eram considerados animais unicelulares. Atualmente, os protozoários não mais pertencem ao reino animal, mas o termo permanece, consagrado que foi pelo uso. Os protozoários são, atualmente, classificados no reino dos protistas.

Vamos então verificar como a etimologia nos ajuda a compreender o diálogo mostrado no quadrinho. O termo endoparasita se refere a um parasita que vive dentro do corpo do hospedeiro (*endo* = dentro). O nome do parasita citado – esquistossomo – também informa uma característica do corpo desse animal: formado por *esquisto* (fenda) e *somo* ou *soma* (corpo), significa "corpo fendido", referência à fenda ou sulco longitudinal presente nos machos. O esquistossomo, mostrado ao lado, causa uma doença chamada esquistossomose.

Conhecendo a etimologia da palavra platelminto, podemos descobrir mais uma característica do parasita: trata-se de um verme (*helminto*) com o corpo achatado, em forma de fita (*plato*).

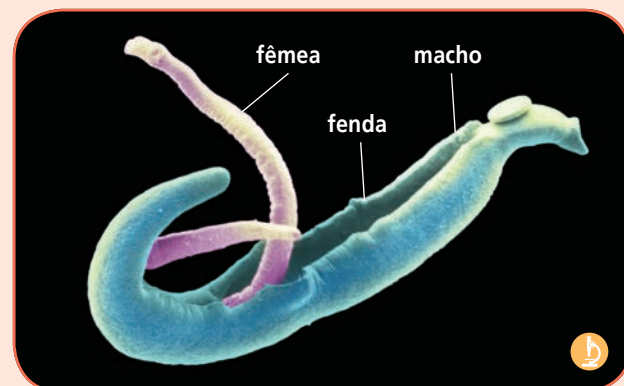
O prefixo *a* merece especial atenção: é um prefixo de negação. Esse prefixo *a* vem seguido da letra *n* quando a primeira letra formadora do étimo utilizado é vogal, como na palavra anaeróbio – que não utiliza oxigênio. Seres que utilizam oxigênio livre no processo de respiração são aeróbios, a eles se opondo, portanto, os anaeróbios.

Com significado semelhante ao do prefixo *a*, é utilizado, por vezes, o prefixo *in*, como na palavra invertebrado (não vertebrado, ou sem vértebra). Aliás, os platelmintos são invertebrados.

Acostumando-se a analisar uma palavra, procurando identificar sua etimologia, frequentemente você conseguirá descobrir o seu significado. Para isso, você pode consultar, sempre que desejar, o glossário etimológico disponível no final de cada volume.

Fonte:

CUNHA, A. G. *Dicionário etimológico da língua portuguesa*. 4. ed. Rio de Janeiro: Faperj/Lexicon, 2010.

NIBSC/Science Photo Library/Latinstock

O **esquistossomo** é um endoparasita, que vive principalmente dentro dos vasos sanguíneos do intestino. O macho mede cerca de 1 cm de comprimento.

DEPOIS DA LEITURA...

a. Conheça o significado do étimo *copro*: fezes. Agora registre em seu caderno o significado de coproscopia. a) Exame de fezes.

b. A foto ao lado mostra um verme que, assim como o esquistossomo, faz parte do grupo dos platelmintos. Identifique neste animal a característica relacionada ao significado etimológico do nome platelminto. b) Corpo achatado dorsoventralmente.

c. Consulte o glossário etimológico no final deste volume e explique o significado da palavra hemorragia.
c) Perda de sangue (*hemo* = sangue; *ragia* = fluxo).

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

A tênia é um platelminto que pode medir cerca de 2 m de comprimento.

FAÇA NO CADERNO. NÃO ESCREVA EM SEU LIVRO.

ATIVIDADES

4. Acelular: vírus. Unicelular procarionte: bactéria. Unicelular eucarionte: paramécio, ameba. Multicelulares: mangueira, borboleta, peixe, samambaia.

3. c) A célula eucariótica possui núcleo individualizado e organelas membranosas no citoplasma, características ausentes na célula procariótica.

Revendo e aplicando conceitos

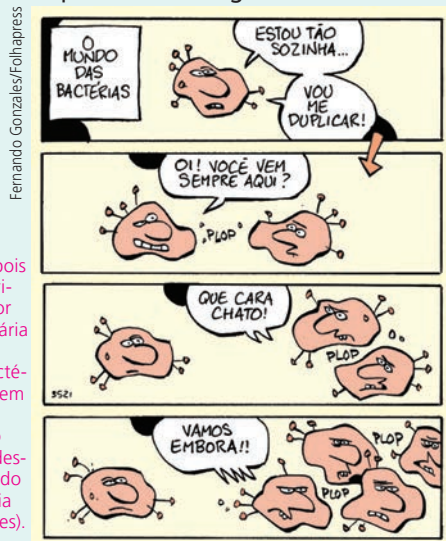
1. a) Evolução. No enunciado, menciona-se que um grupo ancestral de peixes provavelmente deu origem ao grupo dos anfíbios.

1. Os primeiros animais vertebrados apareceram no ambiente aquático, sendo representados principalmente pelos peixes. Um grupo de peixes passou a apresentar modificações em certas características, o que lhes possibilitou explorar um novo ambiente: a terra firme. Esse grupo deu origem aos anfíbios. Os anfíbios atuais estão representados por sapos, rãs e pererecas, além das salamandras e das cecílias (cobras-cegas).

a. Quando descreve o provável surgimento dos anfíbios, o texto menciona uma importante característica dos seres vivos. Qual é essa característica? Justifique sua resposta.

b. Quais características um anfíbio compartilha com todos os outros seres vivos? 1. b) A presença de ácidos nucleicos em suas células.

2. Veja os quadrinhos a seguir:

Fernando Gonzales/Folhapress

2. b) Sim, pois todas se originaram por divisão binária a partir da mesma bactéria e possuem o mesmo patrimônio genético (desconsiderando a ocorrência de mutações).

a. Qual tipo de reprodução está representado nos quadrinhos? Justifique sua resposta. 2. a) Reprodução assexuada, pois os quadrinhos mostram bactérias sofrendo divisão binária.

b. Podemos afirmar que todas as bactérias do último quadrinho são idênticas entre si? Por quê?

3. Na Antiguidade, os gregos propuseram um sistema de classificação da natureza em três reinos, de acordo com os seguintes critérios:

- Reino animal = todos os seres que se locomovem.
- Reino vegetal = todos os seres imóveis e verdes.
- Reino mineral = seres brutos ou inanimados.

a. Com base nos conhecimentos atuais que possuímos a respeito dos seres vivos, você concorda com o critério de classificação adotado para os animais? Por quê?

3. a) Não, pois existem animais que não se locomovem, como as esponjas. A locomoção não é exclusiva dos animais; outros seres vivos, como muitos protozoários, também se locomovem.

3. b) Os minerais crescem por deposição de material, que é agregado ao material já existente. Os seres vivos crescem em decorrência de seu metabolismo.

b. No reino mineral, estavam agrupados os seres inorgânicos, que não apresentam crescimento. No entanto, os minerais podem aumentar seu tamanho. Compare o crescimento de um mineral com o de um ser vivo.

c. Compare a célula procariótica com as células eucarióticas animal e vegetal, indicando as semelhanças e diferenças entre elas.

4. Organize os seres citados abaixo em quatro grupos: unicelulares eucariontes, unicelulares procariontes, multicelulares e acelulares (sem estrutura celular).

ameba | paramécio | peixe | bactéria | mangueira | samambaia | borboleta | vírus

5. Um pesquisador estava analisando a composição química de um tipo de molécula, cuja amostra foi extraída de uma determinada região celular. Ele conseguiu detectar a presença de uracila na amostra, além de outras bases nitrogenadas.

a. Que tipo de molécula o pesquisador estava analisando? Justifique sua resposta. 5. a) RNA, ácido nucleico que apresenta uracila e não apresenta timina em sua composição.

b. De que região (ou regiões) celular(es) pode ter sido obtida a molécula, considerando que o pesquisador estava analisando material extraído de uma planta?

5. b) O RNA pode ser encontrado no núcleo e no citoplasma.

6. Defina cada um dos conceitos apresentados abaixo. Em seguida, organize estes conceitos em ordem decrescente, considerando seus níveis de abrangência.

DNA | cromossomo | célula | nucleotídeo | base nitrogenada

7. Em 2003, houve uma epidemia de pneumonia na Ásia, causada por um vírus até então pouco conhecido pelos médicos e cientistas. Imagine que você esteja lendo uma reportagem sobre esse assunto e se depare com o texto:

> **"A pneumonia asiática é causada pelo coronavírus. O nome foi dado a partir da forma das células desses vírus – forma de coroa. O contágio pode se dar pelo ar, através de gotículas de saliva."**

Identifique a parte do texto onde há uma incorreção no conceito sobre os vírus e sugira uma maneira de tornar as informações da reportagem corretas.

6. Ordem decrescente: célula – cromossomo – DNA – nucleotídeo – base nitrogenada. Veja comentários da resposta no Manual.

7. Os vírus não são formados por células, e sim por ácido nucleico envolto por uma cápsula proteica. O texto estaria correto se alegasse que o envoltório, ou cápsula, desses vírus apresenta forma semelhante à de uma coroa.

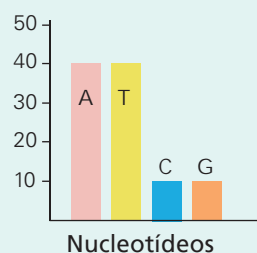
Trabalhando com gráficos

8. Os dois gráficos ao lado representam os resultados hipotéticos da composição de duas amostras (I e II) de ácidos nucleicos. As letras correspondem às bases nitrogenadas dos nucleotídeos: adenina (A), timina (T), citosina (C), guanina (G) e uracila (U).

a. Qual dos gráficos corresponderia à uma amostra de RNA? Justifique sua resposta. 8. a) Amostra II, pois apresenta nucleotídeos de uracila e não apresenta timina.

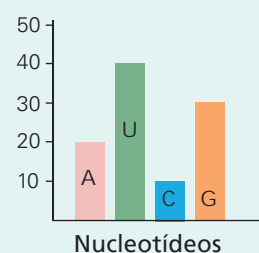
b. Qual seria a explicação para o resultado obtido na amostra I, em que a quantidade de nucleotídeos de adenina é igual à de nucleotídeos de timina, o mesmo acontecendo com os nucleotídeos de citosina e guanina?

Amostra I
Composição de nucleotídeos (%)

50
40
30
20
10
A T C G
Nucleotídeos

Amostra II
Composição de nucleotídeos (%)

50
40
30
20
10
A U C G
Nucleotídeos

Maps World/Arquivo da editora

8. b) O DNA é formado por dois filamentos complementares, em que existe o emparelhamento específico entre as bases nitrogenadas: adenina se liga à timina e citosina se liga à guanina.

Ciência, Tecnologia e Sociedade

9. Leia o trecho abaixo, retirado de um livro de divulgação científica da área de Química:

Produto sem substâncias químicas

Gomolach/Shutterstock

> Uma propaganda de TV que passava tarde da noite era muito engraçada. Seu objetivo era vender um produto para cabelos chamado Rio, feito no Brasil, composto inteiramente de produtos naturais que “alisariam seus cabelos crespos sem a ajuda de substâncias químicas”. O apresentador então nos esclarecia sobre como “Rio liberta você; ele não o deixa na servidão. Quando usa substâncias químicas, você se torna cativo”. A meia hora de conversa mole nos instava a sermos “quimicamente libertos” e terminava com um testemunho entusiástico de uma cliente [...].
>
> [...] não circula por aí o entendimento do fato de que as substâncias químicas são os blocos de construção de toda matéria, que somente o vácuo pode ser “quimicamente liberto”. Não reconhecem que algumas substâncias naturais são altamente tóxicas, ou que a palavra “orgânica” é comumente utilizada fora de seu contexto.
>
> [...]
>
> Ó, sim, aquelas notórias substâncias químicas! Existe alguma palavra mais amplamente mal compreendida? Deixe-me dar mais alguns exemplos. O Frugal Gourmet, autor de livros de cozinha de sucesso, afirma que “as pessoas não querem perder tempo cozinhando e vão para restaurantes de fast-food, mas elas perdem cinco anos de suas vidas por consumirem comida com substâncias químicas”. Uma refeição sem substâncias químicas não seria boa coisa, a não ser que você goste de comer vácuo. [...]
>
> SCHWARCZ, J. *Barbies, bambolês e bolas de bilhar*: 67 deliciosos comentários sobre a fascinante química do dia-a-dia. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2009, p. 13; 19.

Após a leitura, reúna-se com dois colegas e troquem opiniões a respeito do texto, utilizando seus conhecimentos em Química, para comentar os seguintes pontos:

a. Qual é a opinião do autor sobre o uso da expressão “substâncias químicas”? 9. a) O termo é mal compreendido, muitas vezes erroneamente usado como sinônimo de veneno ou substância tóxica.

b. Você conhece um exemplo semelhante aos comentados no texto, que você tenha visto em jornais, revistas ou na televisão? Conte para os colegas. 9. b) Resposta pessoal.

c. Vocês concordam com a opinião do autor? Por quê? 9. c) Resposta pessoal.

d. A água é uma substância? Justifiquem a resposta.

e. Com base na leitura do texto, escrevam uma definição para a palavra substância. 9. e) Substância: formada pelos “blocos de construção de toda a matéria”, ou seja, átomos.

f. Após a conversa, escrevam um texto na forma de uma reportagem de jornal, que contenha as respostas dadas por seu grupo. 9. f) Resposta pessoal.

9. d) Sim, pois é formada por moléculas, por sua vez compostas por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio.

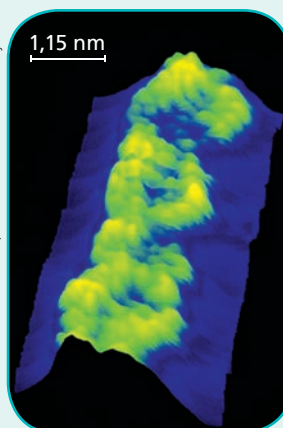
10. a) Os microscópios permitiram o estudo das células e, portanto, o desenvolvimento dessa tecnologia está intimamente relacionado com o avanço no estudo dos seres vivos.

10. Os microscópios são equipamentos que permitem visualizar estruturas muito menores que a capacidade de visão humana. Os primeiros microscópios inventados foram os ópticos, constituídos por lentes de aumento, no século 17. Atualmente, existem modelos de microscópios ópticos capazes de aumentar uma amostra em até 2000 vezes. Existem outros tipos de microscópios além do óptico. O microscópio eletrônico de tunelamento, por exemplo, inventado na década de 1980, permite obter imagens tridimensionais de moléculas e até de átomos!

a. Qual é a relação entre o desenvolvimento de microscópios e o conhecimento em Biologia?

Latinstock/Driscoll, Youngquist & Baldeschwieler, Caltech/Science Photo Library

1,15 nm

Imagem da molécula de DNA obtida pelo microscópio eletrônico de tunelamento, com cores artificiais.

b. Consultando seu material de Física e outras fontes, faça uma pesquisa a respeito das diferenças básicas no funcionamento de microscópios ópticos e eletrônicos. Registre as informações no caderno, na forma de um esquema.

10. b) Consulte o Manual.

Questões do Enem e de vestibulares

11. (Fuvest-SP) Qual das alternativas classifica corretamente o vírus HIV, o tronco de uma árvore, a semente de feijão e o plasmódio da malária, quanto à constituição celular? 11. b

	Vírus HIV	Tronco de árvore	Semente de feijão	Plasmódio da malária
a.	Acelular	Acelular	Unicelular	Unicelular
b.	Acelular	Multicelular	Multicelular	Unicelular
c.	Acelular	Multicelular	Unicelular	Unicelular
d.	Unicelular	Acelular	Multicelular	Acelular
e.	Unicelular	Acelular	Unicelular	Acelular

12. (Enem-2005) Um fabricante afirma que um produto disponível comercialmente possui DNA vegetal, elemento que proporcionaria melhor hidratação dos cabelos.

Wxyz
Com DNA vegetal
450g

Equipe NATH/Arquivo da editora

Sobre as características químicas dessa molécula essencial à vida, é correto afirmar que o DNA:

a. de qualquer espécie serviria, já que têm a mesma composição. 12. a

b. de origem vegetal é diferente quimicamente dos demais, pois possui clorofila.

c. das bactérias poderia causar mutações no couro cabeludo.

d. dos animais encontra-se sempre enovelado e é de difícil absorção.

e. de características básicas assegura sua eficiência hidratante.

13. (Enem-2004) A identificação da estrutura do DNA foi fundamental para compreender seu papel na continuidade da vida. Na década de 1950, um estudo pioneiro determinou a proporção das bases nitrogenadas que compõem moléculas de DNA de várias espécies.

Exemplos de materiais analisados	Bases nitrogenadas			
	ADENINA	GUANINA	CITOSINA	TIMINA
Espermatozoide humano	30,7%	19,3%	18,8%	31,2%
Fígado humano	30,4%	19,5%	19,9%	30,2%
Medula óssea de rato	30,4%	19,5%	19,9%	30,2%
Espermatozoide de ouriço-do-mar	32,8%	17,7%	18,4%	32,1%
Plântulas de trigo	27,9%	21,8%	22,7%	27,6%
Bactéria *E. coli*	26,1%	24,8%	23,9%	25,1%

A comparação das proporções permitiu concluir que ocorre emparelhamento entre as bases nitrogenadas e que elas formam:

a. pares de mesmo tipo em todas as espécies, evidenciando a universalidade da estrutura do DNA. 13. a

b. pares diferentes de acordo com a espécie considerada, o que garante a diversidade da vida.

c. pares diferentes em diferentes células de uma espécie, como resultado da diferenciação celular.

d. pares específicos apenas nos gametas, pois essas células são responsáveis pela perpetuação das espécies.

e. pares específicos somente nas bactérias, pois esses organismos são formados por uma única célula.

capítulo 2

Vida e energia

COMENTÁRIOS GERAIS

Em alguns casos, distingue-se um nível de organização mais abrangente que o sistema: o aparelho, formado por sistemas que agem em conjunto.

Estamos introduzindo uma noção simplificada do conceito de espécie, suficiente para que os alunos compreendam os conceitos estudados neste volume. O conceito filogenético de espécie é abordado no volume 3 desta coleção.

1 Níveis de organização dos seres vivos

Podemos estudar a vida a partir de um único organismo, que pode ser unicelular ou multicelular. No caso dos seres multicelulares, o estudo pode enfocar apenas as **células**, ou níveis mais abrangentes de organização do corpo: tecidos, órgãos e sistemas. Um **tecido** é formado por células e substâncias secretadas por elas, que atuam em conjunto no desempenho de determinadas funções. Em um **órgão**, vários tecidos reunidos atuam em conjunto; em um **sistema** são vários órgãos que, trabalhando coordenados, realizam determinadas funções. Existe, ainda, o estudo do ser vivo em nível de organização mais específico: o das **moléculas** essenciais às atividades de uma célula.

Podemos também abordar a vida em níveis mais abrangentes de organização, considerando o organismo e seu entorno. Cada organismo vive imerso em um meio, que pode ser a água, o ar, o solo ou até mesmo o interior do corpo de outro ser vivo. O organismo interage com esse meio, modificando-o e sendo modificado por ele, assim como com outros seres vivos, da mesma espécie e de espécies diferentes. Os níveis de organização que englobam o organismo são as populações, as comunidades, os ecossistemas e a biosfera, conforme você pode conferir na página a seguir.

Os diversos níveis de organização facilitam o estudo da vida, mas estão todos interconectados. Pense no exemplo de um pequeno mamífero como o tapiti: ele se alimenta de outros seres vivos (no caso, brotos e caules de plantas), utiliza tocas, reproduz-se em determinada época do ano e elimina resíduos. Todas essas atividades são exemplos da interação entre esse animal e o ambiente em que ele vive.

O comportamento do tapiti em seu ambiente está diretamente relacionado à atividade de suas células, tecidos, órgãos e sistemas. Vejamos alguns exemplos: seu olfato apurado auxilia na obtenção de alimento durante a noite, período em que o tapiti sai da toca; seu sistema digestório digere os alimentos e libera resíduos (fezes), que são lançados no ambiente. Você pode perceber, com esses poucos exemplos, que os diferentes níveis de organização – microscópicos e macroscópicos – estão todos relacionados.

O estudo do meio ambiente e de suas relações com os seres vivos é certamente um grande desafio, pois são muitos os fatores a serem considerados. Mas essa análise é fundamental para a compreensão do fenômeno da vida em nosso planeta.

ATENÇÃO

Espécie é uma categoria de classificação em que se agrupam os organismos semelhantes capazes de gerar descendentes férteis. Os membros de uma espécie compartilham a mesma história evolutiva.

O **tapiti** ou coelho-do-mato é uma espécie nativa do Brasil que habita as florestas tropicais, principalmente regiões em margens de rios. Tem hábitos noturnos e mede cerca de 25 cm de comprimento. A espécie está ameaçada de extinção.

Minden Pictures/Latinstock

Diversos níveis de organização em Biologia, concebidos para um organismo multicelular

Biosfera terrestre: conjunto de todos os ecossistemas da Terra.

Ecossistema: conjunto formado pela comunidade (fatores bióticos) e pelos fatores abióticos.

Comunidade: conjunto de populações que habitam uma mesma área.

População: conjunto de indivíduos da mesma espécie que convivem em uma mesma área.

Organismo: indivíduo formado pelo conjunto dos sistemas.

Sistema: conjunto de órgãos que realiza determinada função.

Órgão: estrutura formada por um conjunto de tecidos que exerce determinada função.

Tecido: conjunto formado por células e substâncias secretadas por elas, responsável por uma determinada função.

Célula: unidade de forma e função que constitui os seres vivos (exceção: vírus).

Molécula: em uma célula e no meio extracelular, há diversas moléculas, que podem ser estudadas em partes ainda menores.

Existe um nível de organização chamado bioma, que abriga ecossistemas terrestres com determinadas características gerais em comum, ocupando uma extensa área e interagindo entre si. Os biomas são abordados no capítulo 4.

2 Biosfera, ecossistemas, comunidades e populações

Já sabemos que os seres vivos são encontrados na água, no ar e no solo. O conjunto de todos os lugares onde são encontrados os seres vivos na Terra constitui a **biosfera**.

Como a Terra tem a forma semelhante à de uma esfera, as suas diversas camadas receberam nomes que lembram esferas: **litosfera** (camada rochosa), **hidrosfera** (parte de água líquida), **atmosfera** (camada gasosa). O mesmo aconteceu com o termo biosfera – "esfera da vida", ou seja, a parte da esfera terrestre onde existe vida.

Estudando os diversos lugares onde existem seres vivos, podemos delimitar diversos conjuntos na biosfera: uma floresta, uma lagoa, um rio, um mar etc.

Cada um desses conjuntos pode ser considerado um **ecossistema**, e em todos eles podemos identificar:

- **fatores abióticos** – que podem ser físicos, químicos ou geológicos: água, ar, solo, luz, calor, substâncias químicas, entre outros;
- **fatores bióticos** – o conjunto dos seres vivos.

Os ecossistemas são conjuntos dinâmicos, pois seus diversos componentes – bióticos e abióticos – interagem permanentemente.

São muitos os exemplos do dinamismo nos ecossistemas, como o fato de seres vivos servirem de alimento para outros seres vivos e a alteração da atividade vital em função das variações climáticas nas diferentes épocas do ano. É o caso, por exemplo, das transformações que podemos observar na vegetação ao longo dos meses, relacionadas às variações climáticas: em uma época algumas plantas estão floridas e cheias de folhas, em outra época estão com aspecto ressecado. Embora essas variações ocorram, há um relativo equilíbrio, o **equilíbrio ecológico**, que garante a preservação das diferentes formas vivas no ambiente.

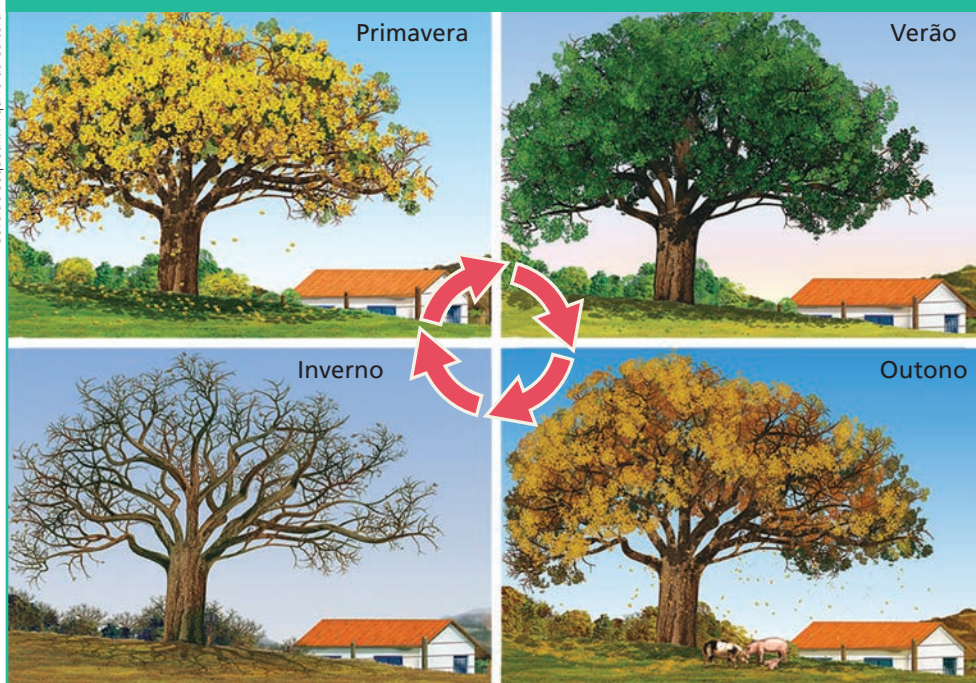
Variações em uma árvore ao longo das estações do ano

Primavera

Verão

Inverno

Outono

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

De acordo com o livro *Decifrando a Terra* (Teixeira *et al.* Companhia Ed. Nacional, 2008, p. 188), faz parte da hidrosfera também o vapor de água: "A água distribui-se na atmosfera e na parte superficial da crosta [...]. Forma a hidrosfera, que consiste de reservatórios como os oceanos, geleiras, rios, lagos, atmosfera, água subterrânea e biosfera."

PENSE E RESPONDA

Consultando o glossário etimológico, justifique o uso do termo **biosfera**.

Biosfera: *bio*, que significa vida, e esfera, em referência ao globo terrestre. Pode ser entendida como "parte da esfera terrestre onde existe vida".

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

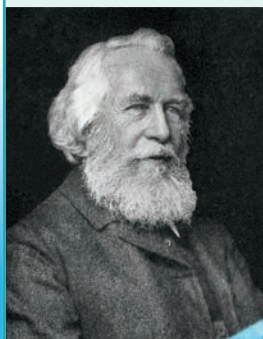
Citem exemplos de ecossistemas. O grupo deve escolher um dos ecossistemas citados e discutir a respeito do dinamismo nesse ambiente, considerando as relações entre seus fatores bióticos e abióticos. Para concluir, cada aluno elabora no caderno um resumo ou esquema representando o que foi discutido.

Resposta pessoal. Como exemplo do dinamismo do ecossistema, podem ser citadas as variações sazonais, como épocas de seca ou de chuva, de frio ou de calor, e como isso interfere na vida dos seres vivos que ali vivem.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

Esquema representando um ser vivo, **uma árvore, em diferentes estações do ano**. Como resposta às variações climáticas, ocorrem alterações nos seres vivos, que neste caso são sazonais e não comprometem o equilíbrio do ecossistema.

CURIOSIDADE

Além de propor o termo ecologia, o cientista **Ernst Haeckel** (1834-1919) deixou muitas outras contribuições importantes para a Biologia. Tornou-se grande divulgador da teoria da evolução das espécies proposta por Charles Darwin, seu contemporâneo, defendendo-a da grande polêmica gerada nos meios científico e social. Estudou diversos protistas e invertebrados marinhos e analisou o desenvolvimento embrionário de animais, identificando semelhanças entre determinados estágios do embrião de diferentes grupos animais.

Nicola Perscheid/Domínio Público

O estudo de todas as relações dos seres vivos entre si e com o ambiente constitui o ramo da Biologia chamado **Ecologia**, palavra que significa "estudo da casa" (*oikos* = casa; *logia* = estudo). A expressão "estudo da casa" tem sentido figurado, em que "casa" se refere ao planeta Terra como um todo, ou a cada ecossistema em particular. O termo "ecologia" foi proposto em 1866 por Ernst Haeckel, mas a ecologia somente começou a se desenvolver como ciência em 1930, tendo evoluído acentuadamente nos últimos anos.

Em um ecossistema vivem seres vivos de diversas espécies. O conjunto de todos os indivíduos de uma mesma espécie em uma determinada área geográfica constitui uma **população**. No ecossistema vivem populações de espécies distintas, e o conjunto de todas elas constitui a **comunidade biológica**.

Vamos considerar um exemplo: um rio da Amazônia abriga populações de tambaquis, pirarucus, tucunarés, aguapés, vitórias-régias, peixes-bois e diversos outros animais, além de plantas e micro-organismos. O conjunto de todas essas populações constitui a comunidade desse rio e cada uma delas desempenha determinados papéis – as plantas, por exemplo, realizam fotossíntese e servem de alimento para animais herbívoros, como o peixe-boi. As plantas necessitam de luz e de nutrientes em quantidades adequadas para a realização de suas funções vitais, dependem da velocidade da correnteza do rio e de muitos outros fatores que interferem em sua sobrevivência e reprodução. Esse conjunto de fatores constitui o **nicho ecológico** dessas plantas. Cada população apresenta um determinado nicho ecológico. Consulte o Manual para discussão a respeito do conceito de nicho ecológico.

Os organismos de uma população ocupam determinado lugar no ecossistema, falando-se em ***habitat***. Em nosso exemplo, as plantas aquáticas do rio vivem na água superficial. Esse é o *habitat* delas.

De acordo com o Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa, há duas grafias para a palavra *habitat*: sem acento, devendo aparecer em itálico no texto, ou na forma acentuada: hábitat.

Peixe-boi-da-amazônia, fotografado em cativeiro. Pode medir até 2 m de comprimento.

Luciano Candisani/Kino

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

***Habitat* do peixe-boi-da-amazônia**. Neste *habitat*, ocorre a comunidade da qual a população de peixe-boi faz parte, que é formada por outras populações, como a de vitória-régia.

3 Transferência de matéria e de energia nos ecossistemas

Os seres vivos somente têm condições favoráveis de sobrevivência em seu *habitat* quando conseguem obter a matéria e a energia de que necessitam.

Como, então, os seres vivos obtêm a matéria e a energia necessária para a sua sobrevivência?

A matéria e a energia são obtidas por meio dos nutrientes orgânicos, numa sequência em que um ser vivo serve de alimento para outro. Essa sequência é chamada **cadeia alimentar**, como a representada a seguir.

Cadeia alimentar

gafanhoto

planta

sapo

ave de rapina

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Esquema de uma **cadeia alimentar** em um ecossistema terrestre. A seta está voltada para o consumidor, indicando o sentido da transferência de matéria e energia.

REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DE BIOLOGIA

Ao identificar uma cadeia alimentar, estamos considerando os indivíduos isoladamente, com a finalidade de estudar as relações de transferência de matéria e de energia entre eles. Como veremos mais adiante, na natureza cada população pode participar de diversas cadeias alimentares; um sapo, por exemplo, alimenta-se de outros animais além do gafanhoto.

O primeiro nível alimentar dessa cadeia, também chamado primeiro **nível trófico** (*trophus* refere-se à alimentação), está representado pelas plantas. Delas dependem, direta ou indiretamente, os demais níveis tróficos dessa cadeia. O segundo nível trófico é representado pelo gafanhoto; o terceiro, pelo sapo; e o quarto, pela ave de rapina.

Ao longo da cadeia alimentar ocorre, portanto, transferência de matéria e de energia para os seres vivos.

Como, então, o primeiro nível trófico, no caso representado pelas plantas, obtém energia para sua sobrevivência e a dos demais?

As plantas são capazes de realizar **fotossíntese**. Nesse processo, conseguem captar energia da luz solar por meio do pigmento verde clorofila e transformar essa energia em energia química, que fica armazenada nas moléculas orgânicas, sintetizadas a partir da água e do gás carbônico. Como produto da fotossíntese, há também formação de gás oxigênio. A matéria orgânica formada a partir da fotossíntese tem diferentes destinos na planta, sendo parte armazenada como substância de reserva, parte modificada em outras substâncias orgânicas que também vão compor o corpo das plantas e parte é usada como fonte de energia. As plantas somente existem, portanto, em lugares que recebem luz.

Veja comentários a respeito da fotossíntese na seção *Vamos criticar o que estudamos?*, no final deste capítulo.

PENSE E RESPONDA

Consulte o glossário etimológico para descobrir o significado de **fotossíntese** e relacione-o ao processo descrito no texto.

Foto = luz; *síntese* = produção. O termo se refere à produção de matéria orgânica sob estímulo da luz.

A **folha** é, como regra geral, o principal órgão da planta responsável pela **fotossíntese**.

Photodisc/Arquivo da editora

Endotérmica: *endo* (interno) + *termo* (calor) = reação química em que há absorção de calor do meio externo.
Exotérmica: *exo* (externo) = reação química em que há liberação de calor para o meio externo. A fotossíntese é um conjunto de reações de caráter endotérmico, pois há absorção de energia solar no processo. A respiração aeróbia, por sua vez, é um processo exotérmico, pois há liberação de energia.

PENSE E RESPONDA

Consulte no glossário etimológico os significados dos termos **endotérmica** e **exotérmica** e relacione-os aos processos de fotossíntese e de respiração aeróbia.

RECORDE-SE

Autótrofos
Seres que realizam síntese de matéria orgânica a partir de substâncias inorgânicas simples. São chamados produtores e ocupam sempre o primeiro nível nas cadeias alimentares das quais participam. Deles dependem todos os demais seres vivos. Exemplos: todos os seres que fazem fotossíntese.

Heterótrofos
Organismos que não são capazes de sintetizar o próprio alimento. Estão representados por todos os animais e fungos, pelos protistas não clorofilados e por bactérias que não são produtoras.

As plantas não precisam receber luz permanentemente, mas não podem viver em lugares onde a luz não chega. A matéria orgânica sintetizada na fotossíntese é suficiente para as plantas realizarem suas funções durante todo o dia e durante a noite.

Mas como a energia é liberada das moléculas orgânicas?

O principal processo por meio do qual a maioria dos seres vivos obtém energia a partir dos alimentos é a **respiração aeróbia**, um conjunto de reações químicas que independe da luz.

Vamos analisar a respiração aeróbia tomando como exemplo a quebra da molécula de glicose em presença de oxigênio, processo que ocorre no interior das células que realizam essa atividade.

Pela respiração aeróbia, formam-se água e gás carbônico, ocorrendo liberação de energia.

Na fotossíntese são consumidos água e gás carbônico, substâncias que são produzidas por respiração aeróbia. Na respiração aeróbia, os seres vivos utilizam gás oxigênio e glicose (ou outra substância orgânica), compostos que são produzidos na fotossíntese.

Como se pode notar, a energia solar é transformada em energia química na fotossíntese. Essa energia fica armazenada nas ligações químicas das moléculas orgânicas produzidas e é liberada no processo de respiração celular. Na fotossíntese há, portanto, incorporação de energia, e na respiração há liberação de energia. Por isso, fala-se que a fotossíntese é uma **reação endotérmica**, ou seja, uma reação em que ocorre incorporação de energia na matéria orgânica formada; a respiração aeróbia, ao contrário, é uma **reação exotérmica**, pois por meio dela ocorre liberação da energia contida na matéria orgânica.

As plantas, ao servirem de alimento aos animais herbívoros, transferem por meio da matéria orgânica que compõe seus corpos a matéria e a energia que os herbívoros necessitam para a sua sobrevivência. Parte da matéria orgânica ingerida é, após passar pelo trato digestivo, eliminada nas fezes; parte é digerida e absorvida pelo corpo, sendo usada no metabolismo celular, participando dos processos de construção do corpo do animal e da reparação de perdas. Quando animais carnívoros ingerem herbívoros e quando carnívoros comem outros animais carnívoros, esses processos se repetem. Ao longo da cadeia alimentar há, portanto, transferência de matéria e de energia.

Os seres capazes de produzir o próprio alimento a partir de substâncias inorgânicas simples são chamados **autótrofos** (*auto* = próprio, de si mesmo; *trophus* = nutrição, alimento). Os organismos fotossintetizantes são os principais seres autótrofos, mas não são os únicos, pois também são autótrofos os seres quimiossintetizantes. Como os autótrofos são capazes de sintetizar o próprio alimento orgânico, eles são denominados **produtores** em uma cadeia alimentar.

Os seres incapazes de produzir o próprio alimento são chamados **heterótrofos**, isto é, não são capazes de produzir matéria orgânica a partir de substâncias inorgânicas. Esses organismos são chamados **consumidores**.

O gafanhoto, organismo **heterótrofo**, alimenta-se da planta, organismo **autótrofo**. O gafanhoto mede cerca de 6 cm de comprimento.

NHPA/Grupo Keystone

Os consumidores que se alimentam de produtores são considerados **consumidores primários**. Eles pertencem, portanto, ao segundo nível trófico de uma cadeia alimentar. É o caso dos animais que se alimentam de plantas (herbívoros).

Os consumidores que se alimentam de consumidores primários são chamados **consumidores secundários**. Eles pertencem ao terceiro nível trófico. É o caso dos animais **carnívoros** que se alimentam de herbívoros.

Os carnívoros que se alimentam de outros carnívoros pertencem ao quarto nível trófico e são chamados **consumidores terciários**, e assim por diante.

Há ainda um grupo de consumidores que se alimentam tanto de produtores quanto de consumidores. Eles são considerados **onívoros** e podem ocupar níveis tróficos distintos.

Os **decompositores** formam um grupo particular de organismos heterótrofos. Estão representados por certas bactérias e certos fungos capazes de decompor a matéria orgânica do corpo de organismos mortos. Em sua atividade de decomposição, utilizam alguns produtos como alimento e liberam minerais e outras substâncias inorgânicas que podem ser utilizadas pelos produtores. Propiciam, assim, a reciclagem da matéria orgânica presente no corpo de organismos mortos. Como podem se alimentar de elementos provenientes de todos os níveis tróficos, para incluirmos os decompositores na cadeia alimentar, teremos que indicá-los atuando sobre todos os níveis tróficos.

Voltando ao exemplo da cadeia alimentar já mostrada, que começa com a grama e termina com a ave de rapina, podemos identificar os diferentes níveis tróficos e acrescentar os decompositores.

PENSE E RESPONDA

a. Elabore um exemplo de cadeia alimentar que mostre quatro níveis tróficos e represente-a em seu caderno.

b. Descreva uma cadeia alimentar na qual o ser humano ocupe o segundo nível trófico e uma em que ocupe o terceiro nível trófico.

a) Resposta pessoal.
b) Resposta pessoal. O ser humano ocupa o segundo nível trófico quando se alimenta de vegetais e ocupa o terceiro nível trófico quando se alimenta de carne e outros produtos de origem animal, como ovos ou leite.

Níveis tróficos em uma cadeia alimentar

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Keith Weller/USDA

Shiitake crescendo sobre tronco de árvore. Esse é um exemplo de **fungo decompositor**.

Esquema de uma cadeia alimentar em um ecossistema terrestre, com indicação dos **níveis tróficos**. Os decompositores representados (certas bactérias e certos fungos) são seres microscópicos.

Veja comentários e referências sobre decomposição no Manual.

Decomposição

Consultando um dicionário da Língua Portuguesa, você poderá verificar que a palavra decomposição significa “transformar, degradar em partes menores”. Em Química, o nome decomposição é usado para se referir a um tipo de reação química na qual uma substância é transformada em substâncias diferentes, pela quebra de moléculas complexas em moléculas mais simples, ocorrendo a liberação de energia.

Em Biologia, chamamos decomposição o processo de degradação da matéria orgânica, ou seja, das substâncias produzidas pelos seres vivos (carboidratos, proteínas, lipídios, ácidos nucleicos, vitaminas). Como vimos no capítulo anterior, as moléculas orgânicas são constituídas de carbono, hidrogênio, oxigênio e, em muitos casos, de nitrogênio, além de outros elementos. A decomposição da matéria orgânica pode envolver uma sequência de reações químicas, cujo resultado final é a liberação, para o ambiente, de moléculas inorgânicas simples, como gás carbônico (CO_2), água (H_2O), metano (CH_4) e amônia (NH_3).

Vamos analisar como exemplo a decomposição de um animal. Na superfície de seu corpo e em seu intestino vivem diversos tipos de micro-organismos, que não causam prejuízos em um indivíduo saudável. Quando o animal morre, esses micro-organismos proliferam e iniciam o processo de quebra da matéria orgânica. Entram em ação também micróbios presentes no ambiente próximo ao animal. As bactérias e os fungos decompositores produzem substâncias que quebram a matéria orgânica, por meio de reações de decomposição. Com a energia liberada, eles crescem e proliferam. Entre os resíduos da decomposição de matéria animal, bactérias liberam substâncias como amônia, cadaverina e diversos gases. Essas substâncias alteram a cor do organismo e são percebidas como fortes odores, que atraem os animais detritívoros.

Os animais detritívoros cortam o corpo em pedaços menores, o que acelera o processo de decomposição pelos micro-organismos. Besouros e formigas, por exemplo, cortam folhas que caem no solo em fragmentos. Animais mortos também sofrem a ação de urubus e outros comedores de carniça.

Prof. Whitney Cranshaw, Colorado State University

Besouro detritívoro, que se alimenta de restos de vertebrados. Mede cerca de 0,5 cm de comprimento.

ATIVIDADE PRÁTICA

Que fatores influenciam a decomposição?

A velocidade de decomposição da matéria orgânica pode variar de acordo com fatores bióticos e abióticos presentes no ecossistema. Em uma floresta tropical, em que a temperatura média e a umidade do ar são elevadas, essa velocidade é muito maior do que no ambiente semiárido, por exemplo.

Você e sua equipe montarão uma pequena pilha de materiais em decomposição, dentro de garrafas PET. Sigam atentamente as instruções de montagem, não manuseiem tesouras ou objetos pontiagudos sem orientação do professor e conversem com ele a respeito do melhor local para deixar o material, uma vez que a observação deve ser feita por cerca de dois meses e odores típicos da atividade decompositora podem surgir.

Material necessário

Para a montagem de uma pilha de decomposição:

Supervisione a manipulação das tesouras sem ponta pelos alunos. Eles podem marcar previamente com caneta as áreas de corte. Sugerimos entregar uma das garrafas com o gargalo já tendo pequenos furos, que podem ser feitos com estilete. Não permita aos alunos que manipulem o estilete.

- 3 garrafas PET idênticas, com 2 L de volume, transparentes;
- duas tampas de garrafa PET;
- tesoura sem ponta;
- caneta para marcação permanente;
- fita adesiva;
- água;
- funil;
- terra vegetal;
- material para a pilha de decomposição: folhas de plantas, cascas de frutos, gravetos, folhas de jornal, entre outros (não utilizar produtos de origem animal, devido ao forte odor produzido em sua decomposição).

Veja no Manual comentários sobre a atividade e os resultados esperados.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

ALERTA
A atividade deve ser feita apenas sob a supervisão do professor.

Procedimentos

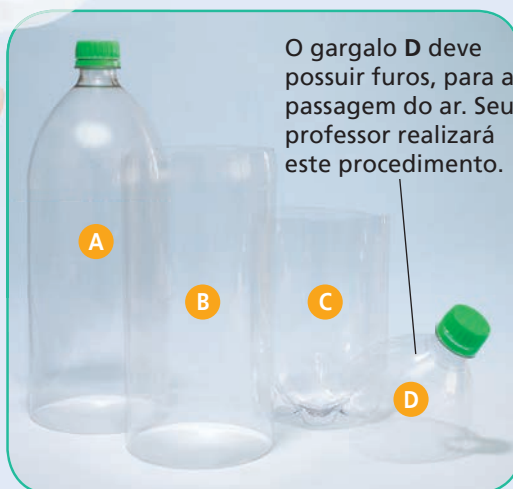
1. Você e sua equipe devem escolher um fator para analisar e elaborar o experimento. Veja algumas sugestões de fatores que podem ser analisados como influências na velocidade de decomposição:
   - temperatura;
   - umidade;
   - aeração;
   - tipos de materiais enterrados;
   - tamanho dos materiais enterrados;
   - tipo de solo.
2. Após escolher o fator a ser analisado, planejem o experimento, elaborando uma hipótese e fazendo a lista de materiais necessários. Não se esqueçam de planejar quantas pilhas de decomposição serão montadas (a lista de materiais citada vale para uma pilha).
3. Sob supervisão do professor, montem a pilha de decomposição seguindo o passo a passo mostrado nas fotos.

I Usem tesoura sem ponta para cortar as garrafas.

II Vocês devem obter as partes mostradas abaixo.

O gargalo **D** deve possuir furos, para a passagem do ar. Seu professor realizará este procedimento.

A B C D

III A parte **D** é a última a ser colocada e fixada com fita adesiva, após inserir os materiais dentro da pilha de decomposição.

IV Após colocar um pouco de água, com auxílio do funil, fechem com a tampa.

D B A C

Fotos: Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

4. Com a caneta, marquem a altura inicial da pilha de decomposição. Realizem observações periódicas e registrem as alterações e as evidências de decomposição. Materiais como folhas e pedaços de jornal podem sofrer modificações em poucos dias, enquanto pedaços de madeira sofrem poucas alterações, perceptíveis ao longo de alguns meses.
5. No momento de desmontar a pilha de decomposição, usem luvas e máscaras descartáveis. Analisem o aspecto do material enterrado.
6. Façam um relatório ao final do experimento e apresentem aos colegas, na forma de um seminário. Vocês podem utilizar registros em fotos, vídeos, esquemas, gráficos etc.

Indo além

Na Floresta Amazônica, o solo é pouco profundo e pouco fértil. No entanto, há uma espessa camada sobre o solo, formada por folhas, galhos, frutos e restos de animais. Esse material sofre decomposição rapidamente, acelerada pela alta umidade do ar. A maioria das plantas obtém nutrientes dessa camada de matéria em decomposição.

Agora considere o desmatamento, que deixa o solo exposto, sem vegetação. Quais devem ser as consequências do desmatamento para a fertilidade do solo na Floresta Amazônica? Justifique sua resposta.

Na Amazônia, a perda da vegetação causa empobrecimento do solo, pois não se forma mais a camada de matéria em decomposição. Desse modo, o solo não consegue mais sustentar a rica comunidade biológica. A camada de folhas e outros materiais em decomposição, na superfície do solo, é chamada serapilheira. A atividade foi adaptada de: <http://www.bottlebiology.org/investigations/decomp_main.html>. Acesso em: 03 dez. 2015.

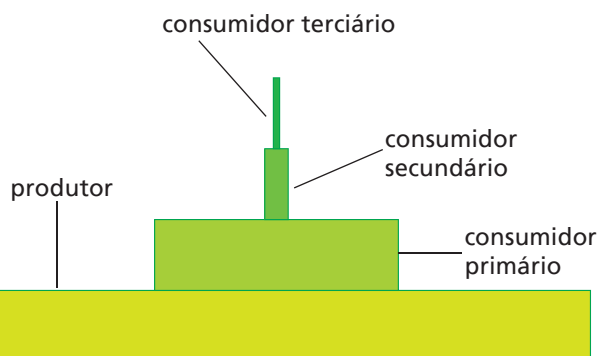
4 Pirâmides ecológicas

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

Representam-se as relações de transferência de energia entre níveis tróficos por diagramas conhecidos por **pirâmides ecológicas**.

Falamos em transferência de energia, pois quando um ser vivo se alimenta de outro, está captando matéria orgânica que será transformada em energia, principalmente pelo processo de respiração. Entretanto, parte dessa energia é dissipada para o ambiente sob a forma de calor e não é reaproveitada, ficando indisponível para o nível trófico seguinte. Outra parte da energia é usada pelo organismo na manutenção de suas funções vitais; há também uma parte da energia que fica armazenada em seu corpo sob a forma de matéria orgânica, disponível para outro nível trófico.

Pirâmide de energia

Equipe NATH/Arquivo da editora

Como há perda de energia ao longo de uma cadeia alimentar, a comparação entre os níveis de energia incorporados em cada nível trófico gera a figura de pirâmide. Veja a **pirâmide de energia** ao lado, que considera a quantidade de matéria orgânica acumulada por área ou volume (biomassa) por unidade de tempo em cada nível trófico. As diferenças de largura entre os retângulos que formam a pirâmide indicam a energia dissipada ou não aproveitada na transferência de energia entre um nível trófico e outro. Há, portanto, redução da energia disponível aos seres vivos ao longo da cadeia alimentar, o que limita o número de níveis tróficos possíveis nos ecossistemas.

Outro tipo de diagrama que pode ser construído é a **pirâmide de números**, em que se relaciona o número de indivíduos para cada nível trófico. Apesar de receber o nome de "pirâmide", o diagrama de números nem sempre adquire esse formato. Considere a cadeia alimentar representada abaixo, formada por capim, vaca e carrapato.

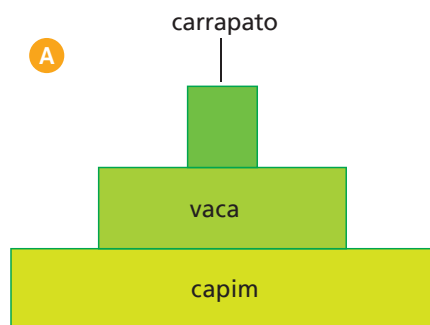
Corel/Arquivo da editora
Cesar Diniz/Pulsar Imagens
James Gathany/CDC

Pirâmides ecológicas

A

carrapato

vaca

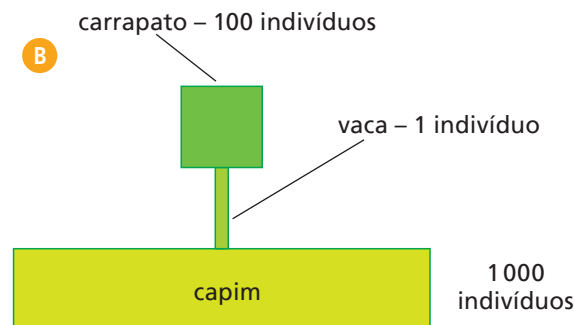
capim

Pirâmide de energia
Este tipo de pirâmide ecológica reflete o fluxo de energia entre os níveis tróficos.

B

carrapato – 100 indivíduos

vaca – 1 indivíduo

capim

1 000 indivíduos

Pirâmide de números
Este tipo de "pirâmide" pode dar a impressão de que as relações alimentares estão em desequilíbrio, mas ela reflete apenas a proporção numérica entre os níveis tróficos.

Equipe NATH/Arquivo da editora

Esquemas de **pirâmides ecológicas de energia (A) e de números (B)** para a cadeia alimentar: capim → vaca → carrapato. Os valores são arbitrários.

Neste exemplo, milhares de indivíduos produtores (capim) são necessários para alimentar um consumidor primário (vaca), que por sua vez serve de alimento para centenas de consumidores secundários (carrapatos). Compare as pirâmides de energia e de números construídas para essa situação, mostradas acima.

Existe também a **pirâmide de biomassa**, que representa a quantidade de matéria orgânica em cada nível trófico, por unidade de área ou volume em determinado momento. Assim como a pirâmide de números, a pirâmide de biomassa também pode apresentar variações no formato. No entanto, para a maioria das cadeias alimentares, o formato de pirâmide se observa.

Vamos retomar a cadeia alimentar formada por capim, vaca e carrapatos. Considere que a biomassa de cada nível trófico seja calculada em g/m², para um determinado instante. Verifica-se que a biomassa de produtores é maior que a do herbívoro, ou seja, uma quantidade relativamente grande de capim sustenta determinada massa da vaca. O mesmo se verifica entre a vaca e os carrapatos, que apesar de numerosos, não apresentam grande valor de biomassa. Observe ao lado uma pirâmide de biomassa relacionada a uma cadeia alimentar semelhante à do nosso exemplo.

A pirâmide de números não é muito utilizada nos estudos ecológicos, sendo mais significativas as pirâmides de energia e de biomassa. Comparando esses dois tipos de diagramas, é possível relacionar a quantidade de matéria e a transferência de energia entre os níveis tróficos.

Gerson Sobreira/Acervo do fotógrafo

Muitos carrapatos alimentam-se de um único indivíduo, a vaca. Uma vaca adulta mede cerca de 1,40 m de comprimento.

Pirâmide de biomassa

peso seco (g/m²)

10 — consumidor secundário

40 — consumidor primário

800 — produtor

Equipe NATH/Arquivo da editora

Exemplo de uma **pirâmide de biomassa**, feita a partir dos dados hipotéticos de peso seco dos organismos que compõem a cadeia alimentar, que neste exemplo é de um ecossistema terrestre.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

5 Redes e teias alimentares

Um animal pode participar de várias cadeias alimentares e, assim, pertencer a diferentes níveis tróficos. O conjunto das cadeias alimentares de que um animal participa é a **rede alimentar** desse animal. Analise, como exemplo, a rede alimentar de uma serpente, representada na ilustração a seguir.

Exemplo de rede alimentar

ave de rapina
coelho
capim
gafanhoto
serpente
pintinho
milho
sapo
gambá (come ovos e filhotes de aves, além de frutos)

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Esquema de **rede alimentar** de uma serpente constituída pelas cadeias alimentares das quais ela participa. Observe que, quando a serpente se alimenta do sapo, ou do gambá, ela atua como consumidor terciário; quando se alimenta do filhote da galinha ou do coelho, atua como consumidor secundário.

O conjunto de todas as redes alimentares de um ecossistema constitui a **teia alimentar** desse ambiente. Observe, na representação seguinte, um exemplo de parte da teia alimentar de um ecossistema terrestre.

PENSE E RESPONDA

Analise o esquema ilustrando uma teia alimentar e escreva, em seu caderno, uma cadeia alimentar que a compõe. Em seguida, descreva a rede alimentar da coruja.

Exemplo de teia alimentar

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Esquema ilustrando parte de uma **teia alimentar** em ecossistema terrestre. A teia é um conjunto de cadeias alimentares, englobando as redes alimentares dos organismos que fazem parte do ecossistema.

Exemplo de cadeia alimentar: capim → capivara → onça-pintada.
A rede alimentar da coruja envolve: capim, gambá, gafanhoto, sabiá e lagarto. A coruja assume a posição de consumidor secundário ao se alimentar do gambá, considerando que ele se alimentou de plantas (frutos). A coruja é um consumidor terciário quando captura o sabiá e o lagarto.

6 O equilíbrio na natureza

O conhecimento das cadeias e teias alimentares é fundamental para entendermos o delicado equilíbrio que existe na natureza. Esse conhecimento nos permite propor medidas racionais de utilização dos recursos naturais.

Vamos a um exemplo. Pode parecer à primeira vista uma crueldade um animal comer uma planta (**herbivoria**) ou matar e comer outro animal (**predatismo** ou **predação**). O animal que mata o outro é o **predador** e o animal caçado e usado como alimento é a **presa**.

Entretanto, o equilíbrio ecológico depende dessas relações e de muitas outras. Vamos supor que, em um ecossistema, haja redução no número de guepardos de uma população. Com isso, aumenta a população de suas presas, que acabam consumindo mais alimento e interferindo em outras populações, quebrando o equilíbrio ecológico que existia. Ao longo do tempo, o alimento da população de presas pode reduzir, o que pode levar à extinção dessa população.

Assim, o predatismo limita o número de indivíduos da população de presas e de predadores.

Além da redução de uma população no ecossistema, a introdução de espécies exóticas (não nativas) em um ambiente também é um fator que pode gerar graves desequilíbrios ecológicos. Vamos citar como exemplo um artigo publicado em 2012 na revista da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos, que comenta o fato de que em um parque nacional da Flórida, serpentes conhecidas como pítons da Birmânia proliferaram, enquanto diversas populações de mamíferos nativos foram reduzidas. Além de mamíferos, essas serpentes alimentam-se de aves e répteis.

Qual foi a origem dessas serpentes invasoras? Naturais do Sudeste asiático, indivíduos da espécie foram trazidos para a Flórida, para serem criados como animais de estimação. Diversos proprietários, arrependidos da aquisição, soltaram as serpentes no ambiente natural. Naquela região, não existem predadores naturais dessas serpentes, que podem medir mais de 5 metros de comprimento e se tornaram uma verdadeira praga.

As informações foram obtidas no *site* de Serviço Geológico dos Estados Unidos (em inglês *U.S. Geological Survey*), Disponível em: <http://usgs.gov/blogs/features/usgs_top_story/the-big-squeeze-pythons-and-mammals-in-everglades-national-park/>. Acesso em: 20 jan. 2016.

PENSE E RESPONDA

Um método utilizado no combate a espécies invasoras pode ser o **controle biológico**. Faça uma pesquisa a respeito e depois explique, no caderno, o que é controle biológico, citando um caso bem-sucedido.

O controle biológico é uma técnica de controle de populações de espécies consideradas pragas, utilizando para isso a introdução de predadores ou parasitas na área afetada. Veja mais comentários no Manual.

MULTIMÍDIA

100 animais ameaçados de extinção no Brasil
Sávio Freire Bruno, Ediouro, 2010.
O autor é um biólogo que conta, de um jeito fácil de entender, quais são os animais em maior risco de extinção em nosso país, os motivos que os levaram a tal situação e o que podemos fazer para evitar o desaparecimento de tantas espécies.

Divulgação

Winfried Wisniewski/Corbis/Latinstock

Nas savanas africanas vive o guepardo, predador de animais como o antílope.
A **predação** é uma interação ecológica fundamental para o **equilíbrio dos ecossistemas**.
O guepardo mede cerca de 1,20 m de comprimento.

Veja, no Manual, mais um exemplo de desequilíbrio ambiental devido à introdução de espécies exóticas.

Fotossíntese e respiração são processos contrários?

Quando comparamos as substâncias trocadas entre a planta e o ambiente, notamos que o produto da fotossíntese é consumido na respiração e vice-versa. No entanto, muita atenção: fotossíntese e respiração aeróbia não são realizadas por reações inversas. Elas são realizadas por mecanismos bioquímicos diferentes, com várias etapas e reações químicas complexas. Além disso, esses processos são realizados em estruturas celulares diferentes. Assim, embora pareçam opostas em relação aos gases que trocam com o ambiente, não se realizam por reações químicas opostas. Mesmo porque não é apenas a glicose que participa da respiração. Outras moléculas orgânicas derivadas da degradação de lipídios e proteínas também participam da respiração.

Todos os produtores realizam fotossíntese?

Neste capítulo, consideramos as plantas, que realizam fotossíntese, como exemplo de produtor em teias alimentares de ecossistemas terrestres. São também produtores fotossintetizantes as algas e as cianobactérias, que vivem na superfície de lagos, rios, oceanos e até em superfícies úmidas em rochas e no solo.

Vamos analisar agora um curioso ecossistema localizado em profundezas marinhas, onde não há luz e, portanto, não é possível a sobrevivência de seres fotossintetizantes. Ali vivem animais como grandes vermes tubícolas, certas espécies de crustáceos e de peixes. Ecossistemas localizados nas profundezas marinhas começaram a ser descobertos no final da década de 1970, com o desenvolvimento de pequenos submarinos especiais capazes de suportar, sem se deformar, a enorme pressão da água.

Além da grande pressão e da ausência de luz, esse ecossistema se localiza ao redor de fontes termais, de onde a água sai muito quente e com alta concentração de enxofre dissolvido. Quem são os produtores que sustentam essa comunidade?

Existem algumas bactérias e outros procariontes que sintetizam matéria orgânica sem utilização de luz nem de clorofila, por meio de um processo chamado **quimiossíntese**. Da mesma forma que ocorre na fotossíntese, na quimiossíntese o principal composto orgânico formado é a glicose e as duas substâncias utilizadas para a síntese são a água e o gás carbônico.

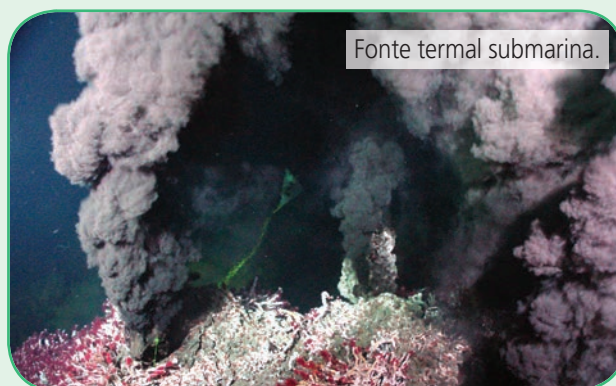
A grande diferença consiste na origem da energia utilizada: a fotossíntese realiza-se à custa da energia luminosa e a quimiossíntese utiliza energia obtida por oxidação de substâncias inorgânicas.

Algumas reações químicas são realizadas com transferência de elétrons. Quando isso ocorre, falamos em reação de oxirredução, ou seja, uma parte da reação é de oxidação (perda de elétrons) e a outra, de redução (ganho de elétrons). Nesse tipo de reação, é muito comum a participação do gás oxigênio, mas muitas reações de oxirredução ocorrem sem a participação dessa substância. Assim, uma reação de oxidação não é somente aquela que envolve o oxigênio como reagente.

Os seres quimiossintetizantes também são encontrados em ambientes da superfície terrestre, muitos deles em condições desfavoráveis à maioria dos seres vivos, como fontes termais, lagoas de águas muito salinas ou muito ácidas, pântanos e ambientes pobres em gás oxigênio.

E quanto à degradação da matéria orgânica, com liberação de energia?

A respiração aeróbia não é o único processo, observado nos seres vivos, capaz de liberar energia pela degradação da matéria orgânica. Existem outros dois processos, mas que não dependem do oxigênio livre: a respiração anaeróbia, realizada por certas bactérias, e a fermentação, realizada por certos fungos, bactérias e células musculares do corpo de animais, inclusive do corpo humano.

Esses processos, assim como a fotossíntese e a quimiossíntese, serão analisados no capítulo 9.

Fonte termal submarina.

National Oceanic and Atmospheric Administration

Plantas que “evitam” animais herbívoros

Embora as plantas não possuam capacidade de locomoção e não possam “fugir” dos herbívoros, existem muitas espécies com características que afastam esses animais, garantindo assim sua sobrevivência. Existem plantas produtoras de substâncias potentes, que provocam reações desagradáveis no organismo animal – e algumas dessas substâncias podem até provocar a morte. Esses venenos podem estar nas folhas, nos frutos ou em outras partes da planta. Há espécies que não são venenosas, mas que produzem compostos que tornam a planta não palatável. O animal que se alimentar dessa planta uma vez, certamente não repetirá a experiência. Outras características, como a presença de espinhos, também contribuem para livrar as plantas dos herbívoros.

Outra estratégia interessante é a de uma espécie de acácia típica da savana africana – conjunto de ecossistemas que abrigam grandes herbívoros, como a girafa. Essa árvore, a acácia, apresenta, além de espinhos no caule, uma associação com três espécies de formiga, que vivem em espaços ocos no interior de seu caule. Animais que se alimentam das folhas das acácias são atacados imediatamente pelas formigas. Essa relação traz benefícios para ambas: a planta não é extremamente prejudicada pelos herbívoros, e as formigas encontram abrigo e uma seiva açucarada, liberada na base das folhas, que lhes serve de alimento.

No entanto, os ataques de herbívoros nunca são totalmente evitados. As girafas, por exemplo, suportam os espinhos da acácia e os ataques das formigas, e são as principais consumidoras das folhas daquela planta.

A herbivoria faz parte do equilíbrio do ecossistema. Uma evidência disso é o resultado de um estudo científico realizado na África: acácias encontradas em um terreno que impedia a aproximação de girafas não eram viçosas e cresciam mais lentamente do que as acácias atacadas por girafas, ao contrário do que se poderia imaginar. Sem o ataque dos herbívoros, a liberação de néctar na base das folhas ficou reduzida; sem alimento, a população de formigas vivendo nas acácias diminuiu. As acácias ficaram então vulneráveis a ataques de insetos, inclusive de outras espécies de formigas.

Fonte:

DANTAS, D. Amigos, mas não para sempre: ausência de grandes herbívoros pode prejudicar relação benéfica entre árvores e formigas. *Ciência Hoje on-line*, 10 jan. 2008. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/ecologia-e-meio-ambiente/amigos-mas-nao-para-sempre/>. Acesso em: 03 dez. 2015.

a) Acácia → formigas; acácia → girafas. A acácia é o produtor; as formigas e as girafas são os consumidores primários.

b) A herbivoria praticada pelas girafas estimula a liberação de néctar pelas acácias, o que atrai as formigas que defendem essas plantas de ataques de outros insetos.
c) Resposta pessoal. Veja exemplo no Manual.

> Girafa alimentando-se de folhas de acácia, na savana africana. Ela mede cerca de 4 m de altura.

Getty Images

DEPOIS DA LEITURA...

a. Identifique no texto um exemplo de cadeia alimentar e escreva-o em seu caderno, indicando os níveis tróficos dos organismos envolvidos.

b. De que forma a interação entre girafas e acácias participa do equilíbrio do ecossistema no qual elas ocorrem?

c. Faça uma pesquisa em livros e *sites* da internet e descubra outro exemplo de planta que apresente características que evitam a herbivoria. Descreva esses mecanismos em seu caderno. Não se esqueça de citar as fontes de pesquisa consultadas.

FAÇA NO CADERNO. NÃO ESCREVA EM SEU LIVRO.

ATIVIDADES

1. Organismos: tubarão-tigre, golfinhos, tartarugas marinhas, peixes, aves. Órgãos: pele, útero. Células: células sensoriais que percebem vibrações na água. Tecido: cartilagem. Populações de tubarão-tigre. Ecossistema: comunidade marinha e água.

Revendo e aplicando conceitos

1. A seguir estão descritas algumas características do tubarão-tigre (*Galeocerdo cuvier*), uma espécie comum no litoral brasileiro, principalmente no Nordeste. Identifique os níveis de organização biológica mencionados ou que podem ser relacionados a alguma informação do texto.

Tubarão-tigre (mede cerca de 2 m de comprimento).

AGE Fotostock/Grupo Keystone

O tubarão-tigre tem esse nome devido às listras escuras presentes em sua pele quando filhote. Quando adultos medem cerca de 2 m de comprimento, mas existem registros de indivíduos bem maiores. Vivem em mares de águas quentes, nas regiões tropicais e subtropicais. Eles se alimentam de grande variedade de presas, incluindo golfinhos, tartarugas marinhas e peixes. Já foram encontradas no estômago de tubarões-tigre até mesmo aves migratórias, que devem ter sido capturadas quando realizavam voos rasantes sobre o mar.

Assim como outros tubarões, o tubarão-tigre apresenta milhares de poros na pele que ficam na lateral do corpo e da cabeça. Por esses poros, além da entrada de água, vibrações estimulam células sensitivas localizadas logo abaixo da pele, o que permite que o tubarão perceba rapidamente perturbações na água.

Os tubarões apresentam esqueleto feito de cartilagem. Na reprodução do tubarão-tigre, o filhote se desenvolve dentro do útero materno.

2. Resposta pessoal. Veja comentários no Manual.

2. Exemplifique uma cadeia alimentar que não tenha a participação de uma planta.

3. Inclua na cadeia alimentar que você montou acima os decompositores e responda: que organismos podem ocupar este nível trófico? 3. Certas bactérias e fungos são decompositores. Veja no Manual representação da cadeia alimentar.

4. O aquecimento global é o aumento da temperatura média do planeta Terra, atribuído ao acúmulo de certos gases na atmosfera. Um desses gases é o gás carbônico. Entre as medidas propostas para o controle do aquecimento global, está a diminuição na emissão de gás carbônico por indústrias e automóveis, o controle do desmatamento e o plantio de novas árvores.

Explique por que o reflorestamento e o plantio de árvores nas cidades podem reduzir os efeitos do aquecimento global, considerando o que você aprendeu neste capítulo, sobre fotossíntese.

4. No processo de fotossíntese, a planta absorve gás carbônico da atmosfera e o utiliza na síntese de moléculas de glicose; há também liberação de gás oxigênio. As ações propostas resultam na diminuição do teor de CO_2 do ar.

5. Comente o papel dos decompositores para o equilíbrio ecológico de um ecossistema.

5. Os decompositores transformam a matéria orgânica proveniente dos organismos mortos em nutrientes minerais que podem ser utilizados pelos produtores.

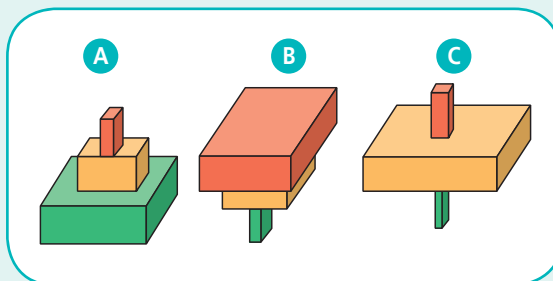
6. Os pulgões são pequenos insetos que obtêm seu alimento de plantas: eles consomem a seiva rica em açúcar ao perfurarem os ramos com seu aparelho bucal. Os pulgões, por sua vez, servem de alimento para pássaros e outros animais. Sabendo disso, responda:

a. Qual é o nível trófico ocupado pelos organismos da cadeia alimentar abaixo? 6. a) Árvore: produtor; pulgão: consumidor primário; pássaro: consumidor secundário.

árvore → pulgão → pássaro

b. Escolha entre as pirâmides ecológicas esquematizadas abaixo aquela que representa a pirâmide de números desta cadeia alimentar. Considere que a árvore (apenas 1 indivíduo) sustenta 1000 pulgões e eles, por sua vez, sustentam 50 pássaros, durante um período de tempo. 6.b) Pirâmide de números: C.

A B C

Maps World/Arquivo da editora

6. c) Pirâmide de energia: A. Veja comentários no Manual.

c. Escolha entre as pirâmides ecológicas esquematizadas acima aquela que melhor representa as relações de transferência de energia entre os componentes da cadeia alimentar e explique sua opção.

d. Com as informações do enunciado é possível definir o *habitat* dos pulgões? E o seu nicho ecológico? Explique.

6. d) Consulte o Manual.

Trabalhando com gráficos

7. Um pesquisador estava estudando uma população de jaguatiricas em uma mata brasileira, coletando dados sobre o número de indivíduos dessa população ao longo de alguns anos. Os dados eram coletados a cada

7. e) A vegetação rasteira seria devastada e a consequência em longo prazo poderia ser a morte ou a migração de preás para outra área, em busca de alimento.

7. f) O predatismo limita o número de indivíduos em uma população e é um dos fatores responsáveis pela seleção dos indivíduos mais adaptados.

7. a) Gramíneas (produtor) → Preás (consumidor primário) → Jaguatiricas (consumidor secundário).

2 meses, e comparados com os índices da população de preás da mesma região. Preás estão entre as presas favoritas das jaguatiricas.

Os resultados obtidos pelo pesquisador estão na tabela abaixo. Os dados deste exercício são fictícios e não correspondem a nenhum dado de pesquisa real.

Bimestre	Nº de preás	Nº de jaguatiricas
1	12	3
2	16	5
3	12	8
4	10	9
5	7	8
6	7	4
7	10	2
8	12	4

a. Monte a cadeia alimentar envolvendo gramíneas e os animais do enunciado, indicando a qual nível trófico cada um pertence.

b. Construa um gráfico com os dados da tabela, utilizando papel quadriculado ou milimetrado. Coloque os intervalos de tempo no eixo horizontal e o número de indivíduos observados no eixo vertical. Escolha cores diferentes para marcar os dados referentes à jaguatirica e os pontos referentes aos preás. Converse com seu professor a respeito da melhor escala para construir o seu gráfico.

7. b) Consulte o Manual.

Depois de marcar os pontos da tabela no gráfico, faça a união dos pontos referentes à população de jaguatiricas para construir a curva de população. Faça o mesmo para os pontos referentes à população de preás.

c. O gráfico que você obteve mostra a variação no tamanho das populações de jaguatiricas e de preás ao longo do tempo. O que você pode concluir a respeito dessa variação?

d. O que poderia acontecer com a população de preás se as jaguatiricas fossem eliminadas da região?

7. d) A população de preás aumentaria na região.

e. Na situação acima, o que aconteceria com a vegetação rasteira da mata, alimento dos preás, ao longo do tempo?

f. Baseando-se nas suas respostas anteriores, discuta a afirmação: "*O predatismo é um importante processo que propicia a preservação da vida na Terra*".

Ciência, Tecnologia e Sociedade

8. Neste capítulo foi comentada a existência de variações sazonais nas condições abióticas dos ecossistemas, como as mudanças climáticas relacionadas às estações do ano. Embora essas variações ocorram, há um relativo equilíbrio, observando-se adaptações dos seres vivos a essas mudanças. No entanto, os efeitos de algumas atividades humanas no ambiente causam alterações nesse equilíbrio, afetando a sobrevivência de muitas espécies. É o caso da poluição e do aumento da temperatura global devido ao acúmulo de certos gases na atmosfera.

Considere o exemplo abaixo e depois faça a atividade da página seguinte.

O grupo dos anfíbios, do qual fazem parte sapos, rãs e pererecas, está mundialmente ameaçado, com cerca de 30% das espécies apresentando rápido declínio nas populações. O Brasil é considerado o país com maior diversidade de anfíbios, com mais de 800 espécies identificadas até agora. A maior ameaça aos anfíbios é a destruição de seu *habitat* pelo desmatamento, mas outros fatores estão relacionados ao declínio das populações, como o aquecimento global.

Estudos revelaram que, com as mudanças climáticas causadas pelo aquecimento global, alguns parasitas de anfíbios encontram condições mais favoráveis para proliferar, como é o caso de um fungo que causa nos anfíbios a doença quitridiomicose, que leva à morte. A doença tem dizimado populações de anfíbios que vivem em áreas de clima temperado, onde as temperaturas mais amenas inibiam o desenvolvimento de micoses – o que indica que as mudanças climáticas nessas regiões estão relacionadas com a proliferação do fungo parasita de anfíbios.

Michael & Patricia Fogden/Corbis/Latinstock

Phyllobates lugubris – anfíbio nativo da América Central, mede cerca de 2 cm de comprimento. Existem indícios de que a doença quitridiomicose, causada por um fungo, é uma das principais ameaças à sobrevivência desta espécie.

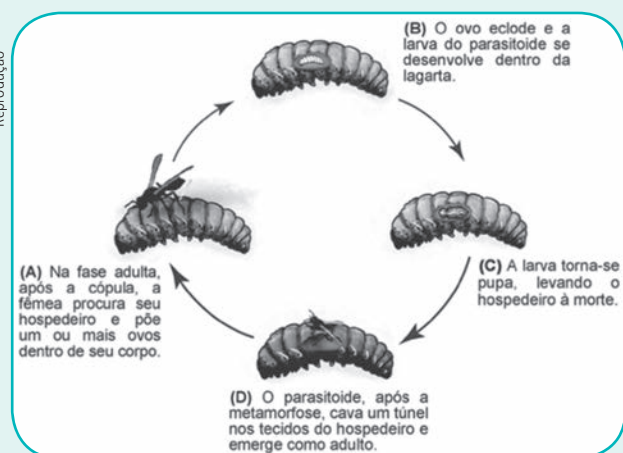
Fonte: *AmphibiaWeb:* Information on amphibian biology and conservation [informação sobre biologia e conservação de anfíbios] 2009. Berkeley, Califórnia. Disponível em: <http://amphibiaweb.org/>. Acesso em: 01 dez. 2015.

7. c) A variação ocorre de maneira interdependente: como existe relação presa-predador entre esses animais, o crescimento na população de predadores leva a uma queda na população de presas e vice-versa.

8. Resposta pessoal. Verifique quais as fontes de consulta utilizadas pelo aluno em sua pesquisa.

Faça uma pesquisa a respeito de uma espécie de animal que ocorra em ambientes naturais perto da região onde você mora. A partir das informações colhidas, identifique relações entre os indivíduos dessa espécie e os fatores abióticos do ecossistema. Em seguida, faça algumas previsões a respeito da sobrevivência da espécie (se estaria ameaçada ou não) no caso de alterações imprevistas no ambiente, como a poluição.

Questões do Enem e de vestibulares

9. (Enem-2014) Os parasitoides (misto de parasitas e predadores) são insetos diminutos que têm hábitos muito peculiares: suas larvas podem se desenvolver dentro do corpo de outros organismos, como mostra a figura. A forma adulta se alimenta de pólen e de açúcares. Em geral, cada parasitoide ataca hospedeiros de determinada espécie e, por isso, esses organismos vêm sendo amplamente usados para o controle biológico de pragas agrícolas.

SANTO, M. M. E.; FARIA, M. L. Parasitoides: insetos benéficos e cruéis. *Ciência Hoje*, v. 49, n. 291, abr. 2012 (adaptado).

A forma larval do parasitoide assume qual papel nessa cadeia alimentar?

a. Consumidor primário, pois ataca diretamente uma espécie herbívora.

9. b

b. Consumidor secundário, pois se alimenta diretamente dos tecidos da lagarta.

c. Organismo heterótrofo de primeira ordem, pois se alimenta de pólen na fase adulta.

d. Organismo heterótrofo de segunda ordem, pois apresenta o maior nível energético da cadeia.

e. Decompositor, pois se alimenta de tecidos do interior do corpo da lagarta e a leva à morte.

10. (Enem-2011) Os personagens da figura estão representando uma situação hipotética de cadeia alimentar.

Disponível em: <http://www.cienciasgaspar.blogspot.com>. Acesso em: 03 dez. 2015.

Suponha que, em cena anterior à apresentada, o homem tenha se alimentado de frutas e grãos que conseguiu coletar. Na hipótese de, nas próximas cenas, o tigre ser bem-sucedido e, posteriormente, servir de alimento aos abutres, tigre e abutres ocuparão, respectivamente, os níveis tróficos de:

a. produtor e consumidor primário.

b. consumidor primário e consumidor secundário.

10. c

c. consumidor secundário e consumidor terciário.

d. consumidor terciário e produtor.

e. consumidor secundário e consumidor primário.

11. (Enem-2008) Um estudo recente feito no Pantanal dá uma boa ideia de como o equilíbrio entre as espécies na natureza é um verdadeiro quebra-cabeça. As peças do quebra-cabeça são o tucano-toco, a arara-azul e o manduvi. O tucano-toco é o único pássaro que consegue abrir o fruto e engolir a semente do manduvi, sendo, assim, o principal dispersor de suas sementes. O manduvi, por sua vez, é uma das poucas árvores onde as araras-azuis fazem seus ninhos.

Até aqui, tudo parece bem encaixado, mas... é justamente o tucano-toco o maior predador de ovos de arara-azul – mais da metade dos ovos das araras são predados pelos tucanos. Então, ficamos na seguinte encruzilhada: se não há tucanos-toco, os manduvis se extinguem, pois não há dispersão de suas sementes e não surgem novos manduvinhos, e isso afeta as araras-azuis, que não têm onde fazer seus ninhos. Se, por outro lado, há muitos tucanos-toco, eles dispersam as sementes dos manduvis, e as araras-azuis têm muito lugar para fazer seus ninhos, mas seus ovos são muito predados.

Disponível em: <http://oglobo.globo.com> (adaptado).

De acordo com a situação descrita,

a. o manduvi depende diretamente tanto do tucano-toco como da arara-azul para sua sobrevivência.

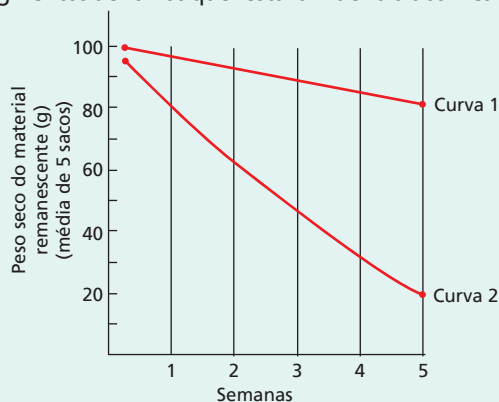
b. o tucano-toco, depois de engolir sementes de manduvi, digere-as e torna-as inviáveis.

c. a conservação da arara-azul exige a redução da população de manduvis e o aumento da população de tucanos-toco.

11. d

d. a conservação das araras-azuis depende também da conservação dos tucanos-toco, apesar de estes serem predadores daquelas.

e. a derrubada de manduvis em decorrência do desmatamento diminui a disponibilidade de locais para os tucanos fazerem seus ninhos.

12. (Unesp) Um pesquisador coletou folhas secas do solo de uma mata e as colocou em 50 sacos de tela de náilon, iguais entre si quanto ao tamanho e diâmetro da malha. Cada saco recebeu 100 g de folhas. Em seguida, distribuiu 25 desses sacos na superfície do solo em uma área de mata tratada experimentalmente com inseticidas e fungicidas. Os outros 25 sacos foram distribuídos em outra área da mata, não tratada com fungicidas ou inseticidas, e se constituíram no grupo controle. A cada semana, por cinco semanas consecutivas, o pesquisador recolhia cinco sacos de cada área, secava e pesava os fragmentos de folhas que restavam dentro dos mesmos.

Equipe NATH/Arquivo da editora

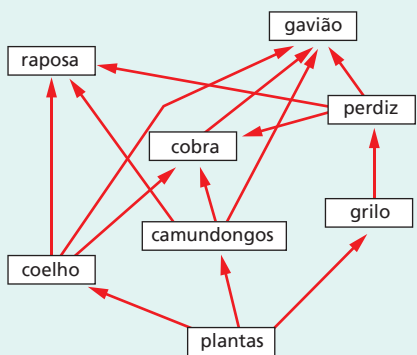
Na figura, as curvas representam as mudanças observadas no peso seco do material remanescente nos sacos de náilon ao longo do experimento.

12. a) Decomposição.

a. Que processo ecológico está relacionado à sucessiva fragmentação e à perda de peso do material vegetal colocado nos sacos de náilon observada durante o experimento?

12. b) Curva 2. Na área não tratada com inseticidas ou fungicidas, há decompositores, que promovem a rápida decomposição das folhas.

b. Que curva deve representar a variação de peso nos restos vegetais do grupo controle? Justifique sua resposta.

13. (UFU-MG) As teias alimentares representam a complexa rede de transferência de matéria e energia em um ecossistema.

Equipe NATH/Arquivo da editora

13. b) Sim. A cobra ocupa o nível de consumidor secundário quando se alimenta de coelhos ou camundongos e ocupa o nível de consumidor terciário quando se alimenta da perdiz. O mesmo acontece com a raposa e com o gavião.

13. c) Decompositores, que são fundamentais ao equilíbrio dos ecossistemas por degradarem a matéria orgânica em nutrientes minerais, que podem ser aproveitados pelos produtores.

Sobre a teia alimentar representada na figura, responda às seguintes questões:

a. Quantas cadeias alimentares estão representadas? Selecione uma cadeia alimentar que apresenta quatro níveis tróficos e a esquematize.

13. a) 9. Veja no Manual a representação das cadeias alimentares.

b. Um mesmo organismo pode ocupar diferentes níveis tróficos? Justifique sua resposta.

c. Qual o componente biótico que necessariamente deve estar presente em um ecossistema e, no entanto, não foi representado na teia alimentar ilustrada anteriormente? Qual o papel desse componente biótico no ecossistema?

14. (Enem-2015) Bioindicador ou indicador biológico é uma espécie ou grupo de espécies que reflete o estado biótico ou abiótico de um meio ambiente, o impacto produzido sobre um hábitat, comunidade ou ecossistema, entre outras funções. A posição trófica do organismo bioindicador é uma das características mais relevantes quanto ao seu grau de importância para essa função: quanto mais baixo o nível trófico do organismo, maior é a sua utilidade, pois pressupõe-se que toda a cadeia trófica é contaminada a partir dele.

ANDRÉA, M. M. Bioindicadores ecotoxicológicos de agrotóxicos. Disponível em: <www.biologico.sp.gov.br>. Acesso em: 11 mar. 2013 (adaptado).

O grupo de organismos mais adequado para essa condição, do ponto de vista da sua posição na cadeia trófica, é constituído por

a. algas. 14. a

b. peixes.

c. baleias.

d. camarões.

e. anêmonas.

15. (Enem-2012) O menor tamanduá do mundo é solitário e tem hábitos noturnos, passa o dia repousando, geralmente em um emaranhado de cipós, com o corpo curvado de tal maneira que forma uma bola. Quando em atividade, se locomove vagarosamente e emite som semelhante a um assobio. A cada gestação, gera um único filhote. A cria é deixada em uma árvore à noite e é amamentada pela mãe até que tenha idade para procurar alimento. As fêmeas adultas têm territórios grandes e o território de um macho inclui o de várias fêmeas, o que significa que ele tem sempre diversas pretendentes à disposição para namorar!

Ciência Hoje das Crianças, ano 19, n. 174, nov. 2006 (adaptado).

Essa descrição sobre o tamanduá diz respeito ao seu:

a. *hábitat*.

b. biótopo.

c. nível trófico.

d. nicho ecológico. 15. d

e. potencial biótico.

capítulo 3

Ciclos da matéria, sucessão ecológica e desequilíbrios ambientais

COMENTÁRIOS GERAIS

1 Introdução

Existem íntimas relações entre os processos que ocorrem dentro dos organismos e o ambiente em que vivem. Nenhum organismo existe de forma isolada, sem interagir com outros seres vivos e fazer parte de um ambiente.

Vamos considerar como exemplo um animal herbívoro como o gafanhoto. Quando ele se alimenta das folhas de uma planta, está ocupando o nível trófico de *consumidor primário* da cadeia alimentar. A planta, que produz matéria orgânica pela fotossíntese, ocupa o nível trófico de *produtor*. Na planta, a energia solar é utilizada na produção de matéria orgânica e essa matéria fornece energia para a própria planta e para o gafanhoto que dela se alimenta.

A entrada de energia em um ecossistema ocorre pela atividade dos produtores e há um fluxo de energia, que vai sendo dissipada ao longo das teias alimentares.

Além do fluxo de energia, nos ecossistemas também existe um ciclo de nutrientes, ou de matéria. O gás carbônico, por exemplo, é eliminado na respiração das plantas, dos animais e de outros seres vivos, e é consumido pelas plantas, na fotossíntese.

Como analisado no capítulo anterior, a energia fixada em um ecossistema é transferida de forma unidirecional na teia alimentar. Essa energia vai sendo dissipada a cada nível trófico e não é reciclada, diferente da matéria orgânica que pode ser reciclada, como analisaremos a seguir.

RECORDE-SE

Fluxo e ciclo

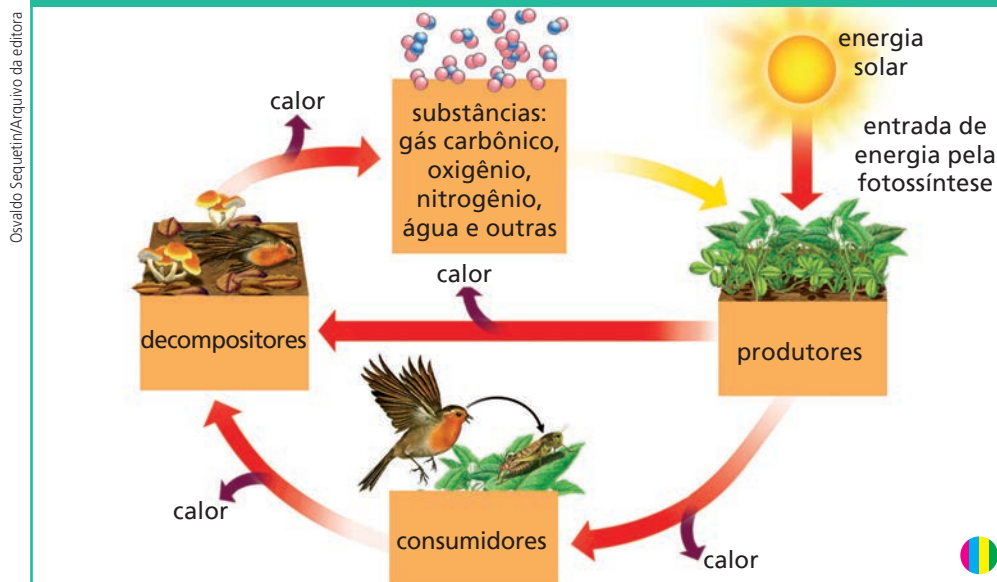
Um **fluxo** é sempre unidirecional.

Em um **ciclo** os estágios se sucedem continuamente.

Nos ecossistemas, há um fluxo de energia e um ciclo de matéria.

Fluxo de energia e ciclo da matéria em um ecossistema

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Esquema ilustrando o **fluxo de energia** e o **ciclo da matéria** em um ecossistema. A energia está representada por setas vermelhas.

Bio: vida; *geo*: terra. Os ciclos biogeoquímicos são assim chamados porque descrevem as transformações de substâncias que possuem determinados elementos químicos, considerando a íntima relação destes com os processos biológicos, hidrológicos e geológicos. Os ciclos descrevem a participação desses elementos na atmosfera, litosfera e biosfera de nosso planeta.

2 Ciclos da matéria

Todos os seres vivos dependem de determinados materiais, que fazem parte da constituição das células e são essenciais para a produção de energia e para a manutenção de seu metabolismo. Carbono, oxigênio, hidrogênio e nitrogênio são alguns dos elementos essenciais.

Esses elementos existem no meio ambiente na forma de compostos inorgânicos, que podem ser captados pelos seres vivos, passando a fazer parte de moléculas orgânicas. Essa troca de materiais entre ambiente e seres vivos indica que a matéria, diferentemente do que acontece com a energia, pode ser reciclada, formando os **ciclos biogeoquímicos**. Analisaremos aqui quatro ciclos biogeoquímicos: o da água, o do carbono, o do oxigênio e o do nitrogênio.

PENSE E RESPONDA

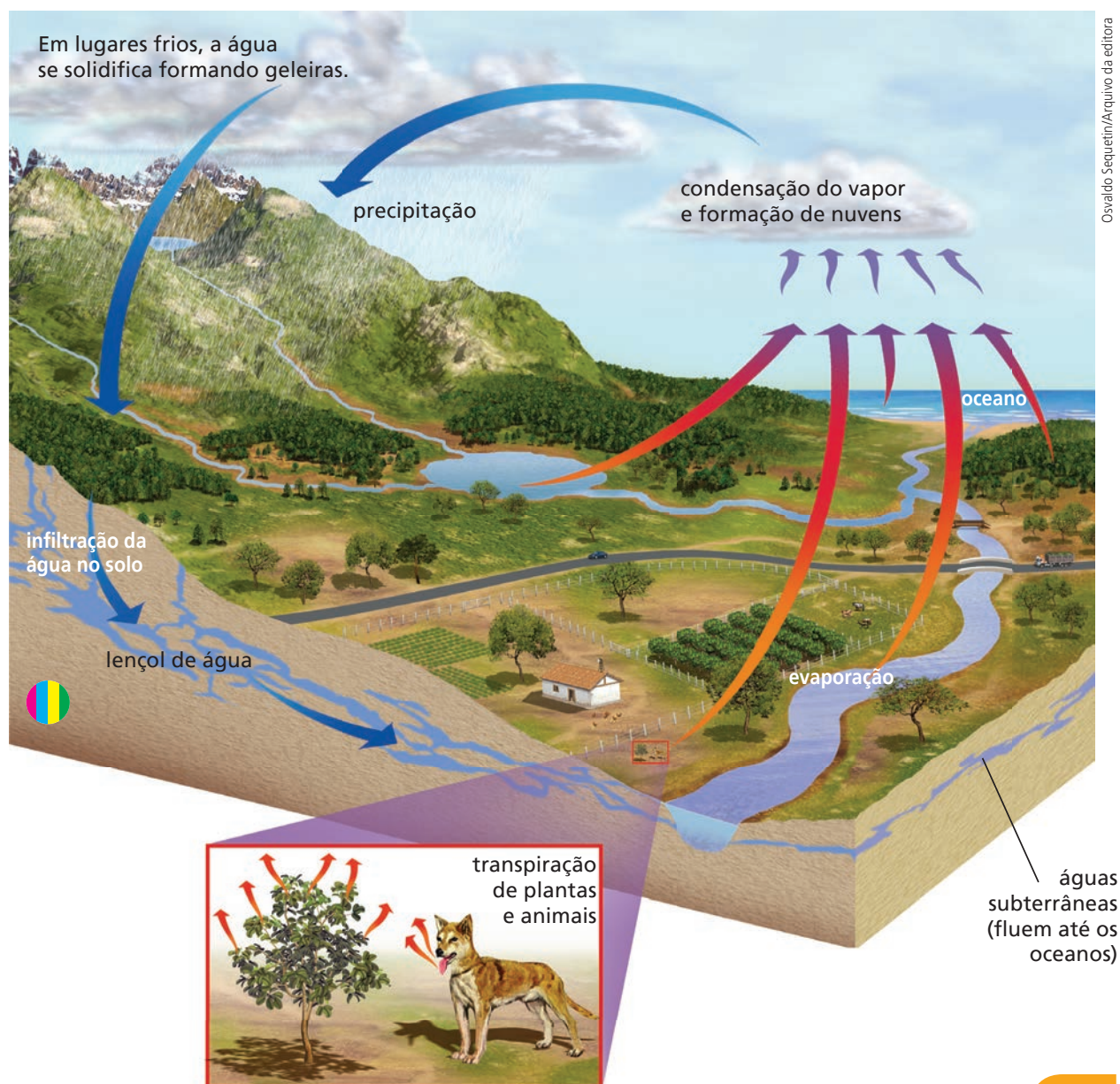
Consulte o glossário etimológico e justifique em seu caderno o uso do termo **biogeoquímico** para os ciclos da matéria na natureza.

2.1 Ciclo da água

Observe no esquema a seguir uma representação simplificada do **ciclo da água.**

Esquema representando o **ciclo da água** na natureza. Observe que existem os processos nos quais a água vai para a atmosfera – evaporação e transpiração – e o processo pelo qual a água volta à superfície – a precipitação.

Em lugares frios, a água se solidifica formando geleiras.
precipitação
condensação do vapor e formação de nuvens
oceano
infiltração da água no solo
lençol de água
evaporação
transpiração de plantas e animais
águas subterrâneas (fluem até os oceanos)

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

PENSE E RESPONDA

Considere que o animal representado na figura da página anterior esteja transpirando. De que forma ele está contribuindo para o ciclo da água? Explique em seu caderno.

A transpiração dos animais faz parte do ciclo da água, pois o vapor de água é eliminado para a atmosfera. O vapor sofre condensação e retorna à superfície terrestre na precipitação.

Pela respiração e pela transpiração, os animais eliminam certa quantidade de vapor de água. O mesmo acontece com as plantas, que transpiram por suas folhas. A atividade de outros seres vivos também pode liberar água, como é o caso do processo de decomposição, feito por certas bactérias e fungos.

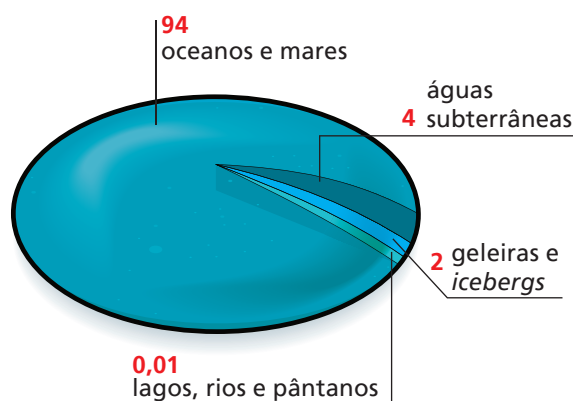
A água (H_2O) liberada pelos seres vivos na forma de vapor vai para a atmosfera. O mesmo acontece com a água que evapora diretamente da superfície de oceanos, rios, lagos e do solo. Essa parcela de água que vai para a atmosfera, na forma de vapor, corresponde à **evapotranspiração**.

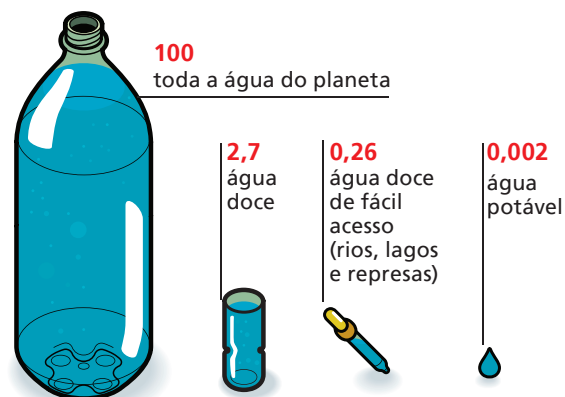
Ao atingir certa altura da atmosfera, o vapor de água sofre condensação devido às temperaturas mais baixas. A água, agora em estado líquido, pode retornar sob forma de chuva. Uma parte da chuva infiltra-se no solo, onde a água poderá ser consumida por plantas e outros seres; pode também acumular-se formando lençóis de água subterrânea que servirão de fonte de água para nascentes de rios, que por sua vez abastecem os oceanos. Outra grande parte da água da chuva, contudo, precipita-se diretamente nos oceanos.

Aproximadamente 94% do volume de água existente no planeta, sem considerar o vapor de água da atmosfera, está concentrado nos oceanos e mares. Apenas 6% correspondem à água doce, encontrada em rios, lagos, pântanos e, no estado sólido, em geleiras e *icebergs*. Dessa pequena quantidade de água doce, apenas uma parte corresponde à água dos rios, que é a principal fonte para consumo de animais, incluindo o ser humano. Confira os dados dos gráficos a seguir.

Veja comentários a respeito do gráfico abaixo no Manual.

Distribuição de água na Terra (em % aproximadas)

Alexandre Affonso/Arquivo da editora

Disponibilidade de água doce para consumo (em % aproximadas)

Alexandre Affonso/Arquivo da editora

Distribuição de água na Terra – Fonte: Teixeira et al. *Decifrando a Terra*. 2. ed. Companhia Editora Nacional, 2009, p. 188. Disponibilidade de água doce para consumo – Fonte: Sabesp. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalhes.aspx?secaoId=65&id=3852>. Acesso em: 20 jan. 2016.

A poluição de ambientes aquáticos por compostos biodegradáveis resulta na eutrofização, abordada mais adiante, na página 69.

O Brasil possui uma condição privilegiada em termos de disponibilidade de água doce, pois em seu território está aproximadamente 13,7% do volume existente no planeta. A maior parte das águas brasileiras está nos rios da Amazônia. A abundância em volume de água doce não significa, entretanto, que não existam problemas de abastecimento em nosso país. Além da existência de regiões semiáridas, o abastecimento de água deve ser bem planejado e suas fontes preservadas. Sem essas ações, muitas regiões têm o acesso à água comprometido.

A disponibilidade de água potável para as futuras gerações é fonte de preocupação para cientistas e ambientalistas. A poluição por diversos fatores, como a contaminação por substâncias tóxicas, compromete a qualidade da água em lençóis subterrâneos e outras fontes, além de prejudicar os ecossistemas aquáticos.

Aproveite o exemplo da acumulação de mercúrio ao longo da cadeia alimentar para relembrar os conceitos de nível trófico e da pirâmide de números. A bioacumulação do mercúrio é explicada pelo fato de um peixe pequeno consumir grande quantidade de zooplâncton, um peixe maior comer vários peixes pequenos, e assim por diante.

Um exemplo foi o desastre ambiental ocorrido em 2015 na região de Mariana, cidade mineira que possui áreas de extração mineral em seus arredores. Com o rompimento da barragem de uma mineradora, uma grande quantidade de lama contendo rejeitos de mineração destruiu um povoado, causando mortes e muitos prejuízos. Entre os rejeitos, estavam compostos tóxicos, que contaminaram a água do rio Doce e chegaram ao mar. Cidades que dependiam do rio Doce para obter água doce ficaram sem abastecimento e outras atividades ligadas ao rio, como a pesca, se tornaram impossíveis.

A contaminação da água por substâncias não biodegradáveis é bastante grave, pois esses compostos podem permanecer no ambiente por tempo indeterminado e, quando assimilados por seres vivos, trazem efeitos desastrosos para os organismos. Vamos entender por que, analisando o caso do mercúrio, um metal pesado utilizado por diversos tipos de indústrias e também no garimpo de ouro. Esse metal, quando lançado nos rios, traz consequências graves para o ambiente. O mercúrio lançado na água pode ser assimilado em pequenas quantidades por plantas aquáticas e animais pequenos, que se alimentam das plantas.

Peixes maiores comem diversos animais pequenos, sendo que a concentração de mercúrio em cada um deles se torna maior. Como não é biodegradável, mesmo após a morte dos organismos contaminados, o mercúrio fica depositado no solo ou no fundo dos oceanos, rios e lagos, constituindo uma fonte permanente de contaminação para os seres vivos. Foi exatamente isso que ocorreu no Japão, em 1956, na baía de Minamata: mais de 50 pescadores apresentaram sinais de envenenamento após comerem peixes contaminados com mercúrio. Um dos sintomas do envenenamento por mercúrio é a ocorrência de distúrbios do sistema nervoso, que podem levar à morte. Descobriu-se, algum tempo depois, que uma indústria distante dali lançava mercúrio em um rio que desaguava justamente na baía de Minamata.

Outro desequilíbrio ambiental relacionado ao ciclo da água é a **chuva ácida**.

ATENÇÃO

- Saiba mais sobre a tragédia ambiental que afetou o rio Doce, no capítulo 5.
- Os **compostos biodegradáveis** são aqueles que podem ser decompostos na natureza, por ação dos micro-organismos decompositores. Substâncias biodegradáveis também podem causar poluição, como veremos mais adiante, neste capítulo.

Esquema mostrando a relação entre a poluição atmosférica e a **formação de chuva ácida**, que pode atingir áreas urbanas e naturais.

Formação da chuva ácida

emissões de poluentes

formação de substâncias ácidas

chuva ácida

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

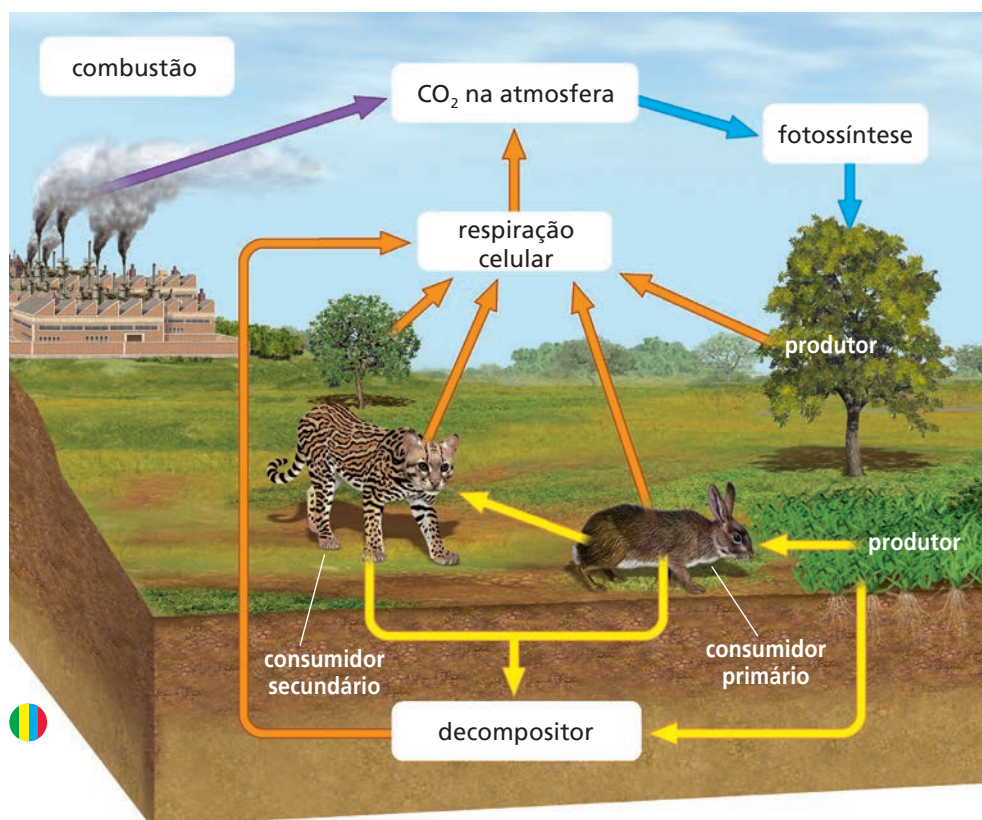
Poluentes lançados no ar por indústrias e automóveis, como o dióxido de enxofre (SO_2), reagem com a água presente na atmosfera e provocam a formação de chuva ácida, que é mais frequente em áreas urbanas muito industrializadas. No entanto, pela movimentação das massas de ar na atmosfera, chuvas ácidas podem ocorrer em pontos mais distantes das cidades, atingindo ambientes preservados de florestas e outros ecossistemas. Uma das consequências da chuva ácida em ambientes naturais é a alteração do **pH** do solo, que pode impedir o desenvolvimento de sementes e plantas devido ao aumento da acidez.

CURIOSIDADE

A escala de **pH** (de 0 a 14) indica o grau de acidez e de alcalinidade de uma substância com base em sua concentração de íons hidrogênio. O pH neutro tem valor 7. Substâncias ácidas têm pH menor que 7 e substâncias alcalinas (ou básicas), têm pH superior a 7. A chuva normalmente tem pH levemente ácido, mas a chuva ácida apresenta pH geralmente entre 4 e 5, comparável à acidez de uma laranja.

2.2 Ciclo do carbono

O gás carbônico (CO_2) é encontrado dissolvido nas águas de rios e oceanos, e também está presente no ar atmosférico, onde sua concentração é de aproximadamente 0,03%. Sua concentração na natureza é mantida relativamente constante pelo ciclo esquematizado abaixo.

O CO_2 é retirado do ambiente pela fotossíntese dos produtores, que incorporam o carbono em moléculas orgânicas, e é devolvido ao ambiente por meio da respiração. A atividade decompositora de bactérias e fungos também libera CO_2 para o ambiente, assim como a queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e derivados) e a de vegetação (as queimadas). Estes dois últimos processos de liberação de CO_2 para o ambiente – queima de combustíveis fósseis e queimadas – têm sido grandes responsáveis por desequilíbrios no ciclo do gás carbônico, tornando a concentração desse gás na atmosfera cada vez maior. O desmatamento contribui para o agravamento da situação, pois é a fotossíntese que retira CO_2 do ambiente e mantém a estabilidade do ciclo.

Esquema representando o **ciclo do carbono**. As setas em azul representam a retirada de gás carbônico do ar (fotossíntese). As setas em amarelo indicam a transferência de carbono entre os níveis tróficos. As setas alaranjadas e roxa indicam a liberação de gás carbônico para o ar.

MULTIMÍDIA

Heróis do Clima - A aventura e a ciência por trás das mudanças climáticas

Caco Galhardo, Planeta Sustentável, 2014.
Como o ciclo do carbono se relaciona ao aquecimento global? Conheça mais sobre o assunto neste livro em quadrinhos.

O gás carbônico e, em menor escala, outros gases da atmosfera formam uma camada que permite a entrada de radiação solar, mas retém os raios infravermelhos, assim como as paredes de vidro de uma estufa de plantas. Dentro da estufa, o ambiente fica sempre aquecido devido à retenção da radiação infravermelha pelo vidro usado no teto e nas paredes. Os gases da atmosfera geram, portanto, o chamado **efeito estufa**. O efeito estufa é um fenômeno natural que possibilitou o surgimento e a evolução da vida na Terra; sem ele, a superfície terrestre seria, em média, 33 °C mais fria.

Radiação que atinge a Terra

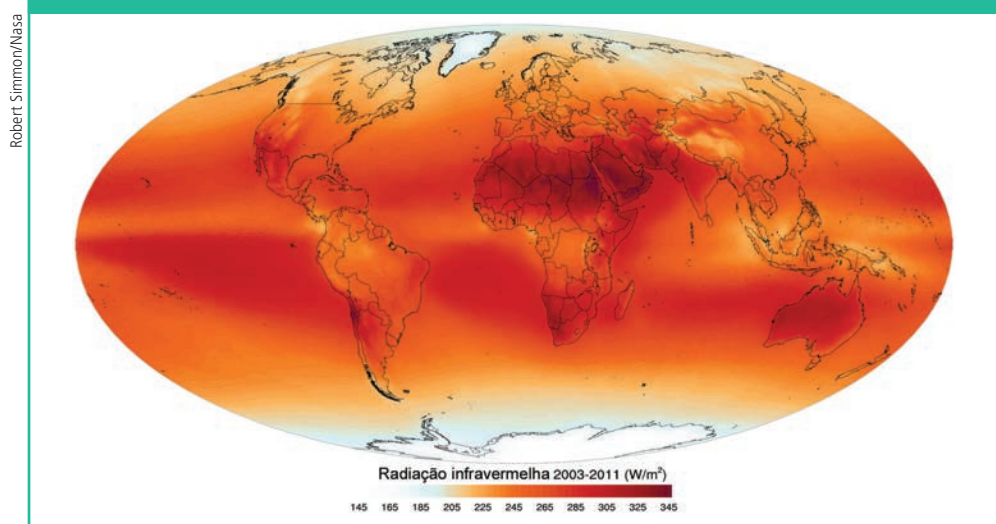
Robert Simmon/Nasa

Paulo Cesar Pereira/Arquivo da editora

A atmosfera atua de modo parecido com as paredes de vidro de uma **estufa** de plantas. O interior da estufa se aquece porque parte da radiação solar que atravessa o vidro fica ali aprisionada, na forma de calor. A radiação solar que atravessa a atmosfera da Terra fica, em grande parte, aprisionada pelos gases de efeito estufa, o que mantém a superfície do planeta aquecida. Dados da Agência Espacial Norte-Americana (Nasa).

Fonte: *Nasa Earth Observatory.* Disponível em: <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/EnergyBalance/page4.php>. Acesso em: 03 dez. 2015.

Calor irradiado da Terra

Robert Simmon/Nasa

Se a superfície e a atmosfera da Terra absorvem calor, por que a temperatura do planeta não aumenta indefinidamente? **Uma parte da energia absorvida é irradiada da Terra para o espaço, na forma de calor** (radiação infravermelha), como mostra esse mapa, feito com base em dados de satélite obtidos entre 2003 e 2011. Quanto mais intensa a cor vermelha, maior o índice de radiação infravermelha emitida (unidade de medida: watts por metro quadrado). Dados provenientes da Agência Espacial Norte-Americana (Nasa).

MULTIMÍDIA

Uma verdade inconveniente

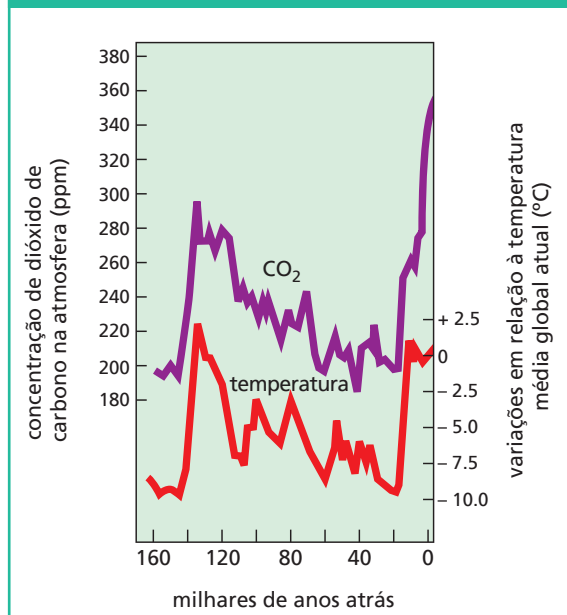
(*An inconvenient truth*, direção de David Guggenhein. 118 min. Cor. EUA, 2006.)

Este documentário acompanha o político norte-americano Al Gore, que também foi ganhador do prêmio Nobel da Paz em 2007 junto ao IPCC, em uma campanha de alerta sobre o aquecimento global e as consequências socioambientais das mudanças climáticas por ele causadas.

Divulgação

Além do gás carbônico e do metano, são também gases de efeito estufa (GEE) o vapor de água, o óxido nitroso (N_2O) e os compostos conhecidos como perfluorcarbonetos (PFCs).

Concentração de CO_2 atmosférico e temperatura, de 160 mil anos atrás até a época atual

Maps World/Arquivo da editora

Fonte: ARMS, K. *Holt Environmental Science*, Genebra: Houghton Mifflin Harcourt, 2000, p. 184.

Além do CO_2, o gás metano (CH_4) é um dos principais gases de efeito estufa da atmosfera terrestre. O metano possui grande capacidade de retenção de calor, mas ocorre na atmosfera em taxas muito reduzidas. Essas taxas, no entanto, vêm aumentando nas últimas décadas e um dos principais motivos é o crescimento da atividade pecuária. Todos os anos, toneladas de gás metano são liberadas para a atmosfera pelo gado, como subproduto de sua atividade digestiva.

Como os gases de efeito estufa mantêm o calor junto à superfície da Terra, os cientistas consideram que quando a concentração desses gases na atmosfera aumenta, há um aquecimento do planeta. Observe o gráfico ao lado, que mostra uma estimativa de como a concentração de CO_2 atmosférico (em roxo) e a temperatura (em vermelho) variou na Terra, de 160 mil anos atrás até a época atual.

Como os dados deste gráfico foram obtidos? A concentração de CO_2 na atmosfera terrestre, ao longo de 160 mil anos, foi estimada a partir da análise química de fósseis, rochas e geleiras. Esses dados foram comparados com estimativas da temperatura do planeta neste período e o resultado mostra que existe relação entre esses dois fatores. O aumento no nível de CO_2 atmosférico corresponde a um aumento na temperatura global.

A intensificação do efeito estufa, que pode levar ao aumento das temperaturas médias no planeta, é um processo conhecido como **aquecimento global**. Esse fenômeno pode causar consequências graves como o degelo das calotas polares e o aumento do nível dos oceanos.

Veja comentários no Manual a respeito do aquecimento global.

Já existiram épocas, antes mesmo do aparecimento do ser humano, em que a Terra apresentava temperatura média maior do que a atual. O aquecimento global não é, portanto, causado exclusivamente pela interferência do ser humano no ambiente. No entanto, com a proliferação das indústrias a partir do século 19, as emissões cada vez maiores de gás carbônico na atmosfera têm intensificado o efeito estufa, em um intervalo de tempo muito pequeno se considerarmos outros períodos de aquecimento global na história da Terra, medidos em milhares de anos.

O aquecimento global preocupa os cientistas e a sociedade em geral pela sua relação com mudanças climáticas. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC), define-se mudança climática como uma variação significativa nos padrões climáticos esperados, devendo tal variação ser verificada ao longo de décadas ou intervalos maiores de tempo. Essa mudança pode estar direta ou indiretamente relacionada com atividades humanas e seus efeitos sobre o ambiente, segundo evidências científicas.

As mudanças climáticas trazem alterações nos padrões de chuva e nos ventos (com maior ocorrência de furacões, por exemplo). Áreas úmidas podem se tornar secas devido a períodos prolongados sem chuva; em outras, os invernos podem se tornar mais rigorosos e os verões mais quentes. A temperatura média do planeta é um valor obtido a partir de medições da temperatura em regiões distintas do globo, em diferentes épocas do ano, feitas durante alguns anos. Assim, o aquecimento global não significa um aumento uniforme da temperatura em todas as regiões da Terra, mas está relacionado a alterações incomuns no clima de cada região. A explicação para tal fato é o clima do planeta ser determinado por múltiplos fatores que se inter-relacionam, como latitude, correntes marítimas, relevo, entre outros.

CURIOSIDADE

O **IPCC** foi criado em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Cientistas de vários países produzem relatórios periódicos sobre mudanças climáticas e suas consequências. Em 2007, o IPCC ganhou o prêmio Nobel da Paz por disseminar informações fundamentais ao planejamento de um futuro melhor para as sociedades humanas.

Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), a perda de 1% da espessura da camada de ozônio pode causar a cada ano, no mundo, 50 mil novos casos de câncer de pele e 100 mil casos de cegueira devido à catarata. No hemisfério norte, o afinamento da camada de ozônio foi estimado em cerca de 6%, sobre Estados Unidos e Leste da Ásia.
Fonte: WWF-Brasil. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/camada_ozonio/>. Acesso em: 03 jan. 2016.

2.3 Ciclo do oxigênio

O oxigênio participa dos outros ciclos biogeoquímicos, pois está presente na composição da água, do gás carbônico e de certos compostos de nitrogênio. Ele também é encontrado na forma de gás (O_2) livre na atmosfera, onde sua concentração é de aproximadamente 21%, e dissolvido na água.

Na atmosfera da Terra, o gás oxigênio participa da formação de ozônio (O_3). A camada de ozônio forma-se a cerca de 30 km da superfície terrestre e bloqueia a entrada de grande parte da radiação ultravioleta (UV) que chega ao planeta.

Os raios UV são importantes para os seres vivos, mas em alta intensidade são capazes de induzir o material genético das células a mutações. A exposição excessiva aos raios UV parece estar relacionada ao aparecimento de anomalias em algumas espécies e, já comprovadamente, a doenças, como o câncer de pele e a catarata em seres humanos.

O esquema a seguir representa a formação de ozônio na atmosfera, sob estímulo da própria radiação ultravioleta. Também ocorre naturalmente a reação contrária, porém em menor intensidade; assim, uma parte do ozônio é convertida novamente em gás oxigênio.

ATENÇÃO

Quando nos referimos ao **oxigênio dissolvido na água**, disponível para a respiração dos seres aquáticos, estamos falando de moléculas do gás O_2 que se encontram na água líquida. Não se deve confundir com o oxigênio que faz parte das moléculas de água (H_2O), que não está disponível para respiração.

Formação de ozônio

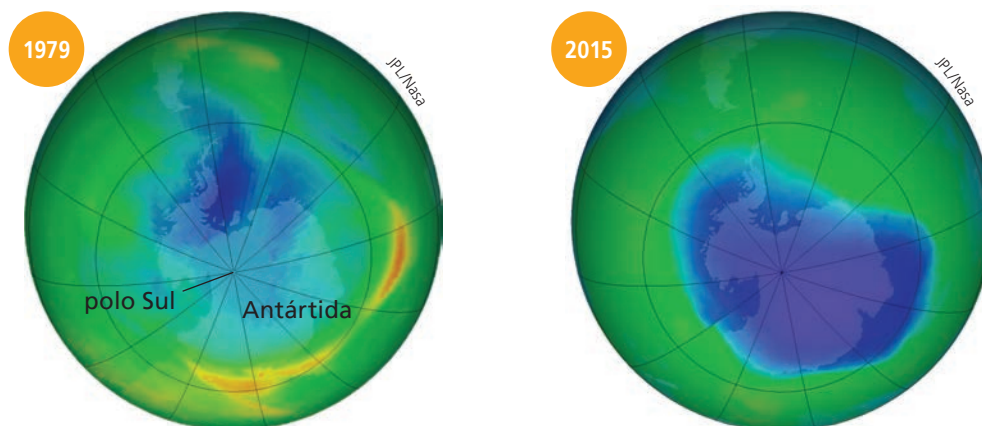
Maps World/Arquivo da editora

A representação das moléculas está muito simplificada, destacando apenas o número de átomos em O_2 e O_3. A molécula de gás oxigênio (O_2) é formada por dois átomos de oxigênio, reunidos por uma dupla ligação covalente. A molécula de ozônio (O_3) é polar (como a molécula de água) e muito instável. Seu átomo central possui uma ligação dupla com um oxigênio e uma ligação simples com o outro.

Molécula de O_2: Molécula de O_3:

Existem certas regiões do planeta onde a concentração de ozônio na atmosfera é menor, o que significa que ali a camada de ozônio é menos espessa. Essas regiões são chamadas de "buracos" na camada de ozônio. Eles ocorrem naturalmente sobre a Antártida e são especialmente maiores em algumas épocas do ano.

Certos gases podem contribuir para o aumento desses buracos, pois reagem com o ozônio, promovendo a formação de gás oxigênio. Um desses gases é o clorofluorcarbono (CFC), um composto que contém cloro e era muito utilizado em refrigeradores e embalagens do tipo aerossol. O cloro, ao ser liberado da molécula de CFC, reage com várias moléculas de ozônio consecutivamente, provocando enorme destruição da camada.

JPL/Nasa

Imagens obtidas a partir de dados de satélite, mostrando **variações na concentração de ozônio na atmosfera da Terra**. No centro do globo está a Antártida. As tonalidades azul e roxa indicam baixa concentração de O_3. Veja que a concentração de ozônio diminuiu consideravelmente em apenas três décadas.

Em 1987, foi lançado o Protocolo de Montreal, um acordo assinado por 180 países comprometendo-se a banir o uso de CFC, uma vez comprovado seu efeito destrutivo na camada de ozônio. Atualmente, a maioria das indústrias não utiliza o gás CFC; mesmo assim, os efeitos de seu acúmulo na atmosfera ainda poderão ser sentidos por décadas, pois esse gás é muito estável e demora mais para ser destruído. Esse é um dos muitos exemplos de como as pessoas podem, em grupos mobilizados, transformar a realidade e cuidar melhor no ambiente e da saúde de todos.

CURIOSIDADE

A atmosfera da Terra possui diferentes camadas. A região em contato com a superfície do planeta, onde está o ar que respiramos, é chamada troposfera e se estende até cerca de 10 km de altitude. A troposfera possui quantidade muito reduzida de **ozônio**. Esse gás é extremamente tóxico para os seres vivos e, por isso, é usado no tratamento da água de piscinas para matar micro-organismos, entre outros usos. Ele pode causar a morte quando uma grande concentração é inalada. A camada de ozônio se localiza na estratosfera, região da atmosfera localizada acima da troposfera, até cerca de 50 km de altitude.

2.4 Ciclo do nitrogênio

Cerca de 70% do ar atmosférico é composto de gás nitrogênio (N_2), mas ele não pode ser aproveitado diretamente pela maioria dos seres vivos, apesar de ser fundamental para a síntese de proteínas e de ácidos nucleicos. Vamos ver, então, como esse gás tão comum na atmosfera passa a fazer parte do corpo dos seres vivos. Veja o esquema abaixo e acompanhe as explicações seguintes.

Esquema ilustrando o **ciclo do nitrogênio** na natureza. As bactérias do solo medem cerca de 2 µm de comprimento.

Ciclo do nitrogênio

N_2 na atmosfera
animais
plantas
bactérias denitrificantes
morte dos organismos
bactérias fixadoras livres no solo
assimilação pelas raízes
decompositores aeróbios e anaeróbios: fungos e bactérias
nitrato NO_3^-
amonificação
bactérias fixadoras em nódulos nas raízes de leguminosas
bactérias nitrificantes
nitrito NO_2^-
bactérias nitrificantes
íon amônio NH_4^+
amônia NH_3

Algumas espécies de bactérias e de cianobactérias são capazes de transformar o gás nitrogênio (N_2) em **amônia** (NH_3), sendo por isso chamadas de **fixadoras de nitrogênio**. Elas podem viver livres nos solos ou em associações com raízes de certas espécies de plantas, como é o caso das leguminosas (feijão, soja, por exemplo), formando as **bacteriorrizas**. A amônia produzida é transformada em íons **amônio** (NH_4^+), que são utilizados pelas plantas.

A amônia também pode ser convertida em íons **nitrito** (NO_2^-) estes em íons **nitrato** (NO_3^-) pela ação de certas bactérias aeróbias quimiossintetizantes presentes nos solos. A esse processo de transformação da amônia em nitrato dá-se o nome **nitrificação** e as bactérias envolvidas são chamadas **nitrificantes**. Observe nos esquemas abaixo que as bactérias utilizam, na síntese de matéria orgânica, a energia liberada nessas reações.

RECORDE-SE

Quimiossíntese
Síntese de matéria orgânica a partir da energia liberada na oxidação de substâncias inorgânicas, sem necessidade de luz. Reveja o texto "Todos os produtores realizam fotossíntese?", na página 52.

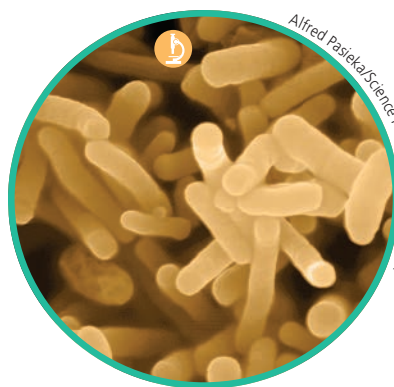
Bactérias que convertem amônia em nitrito

Reação de oxidação:

Amônia + O_2 → Nitrito

Energia liberada na reação

Síntese de matéria orgânica a partir de gás carbônico e água:

$6\ CO_2 + 6\ H_2O$ → Glicose + O_2

Alfred Pasieka/Science Photo Library/Latinstock

Bactérias do gênero ***Nitrosomonas***, encontradas no solo, são quimiossintetizantes aeróbias. Cada uma mede cerca de 2 µm de comprimento.

Existem plantas que crescem em solos pobres em nitrogênio, como as carnívoras. Veja a seção *Vamos criticar o que estudamos?*, na página 77.

Bactérias que convertem nitrito em nitrato

Reação de oxidação:

Nitrito + O_2 → Nitrato

Energia liberada na reação

Síntese de matéria orgânica a partir de gás carbônico e água:

$6\ CO_2 + 6\ H_2O$ → Glicose + O_2

Dennis Kunkel/Phototake/Glow Images

Bactérias do gênero ***Nitrobacter***, que também são quimiossintetizantes aeróbias. Cada uma mede cerca de 2 µm de comprimento.

Dessa forma, como íons amônio ou como íons nitrato, o nitrogênio pode ser incorporado ao corpo das plantas e usado na síntese de proteínas e ácidos nucleicos, moléculas orgânicas que contêm nitrogênio, além do carbono, do hidrogênio e do oxigênio. Assim incorporado, o nitrogênio fica disponível para os demais níveis tróficos ao longo da cadeia alimentar.

PENSE E RESPONDA

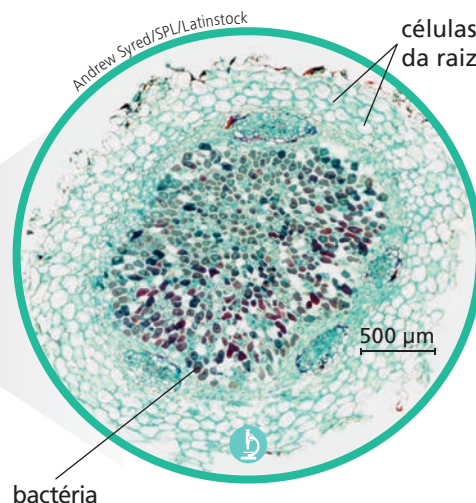
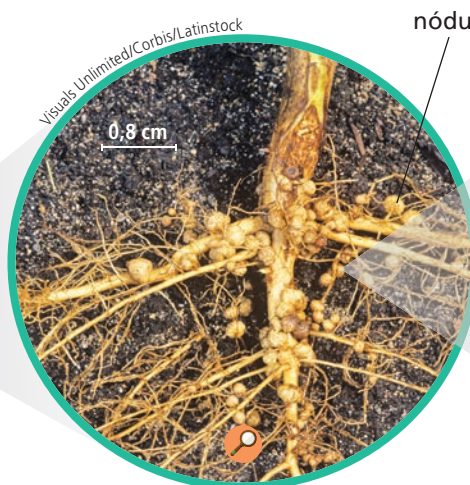
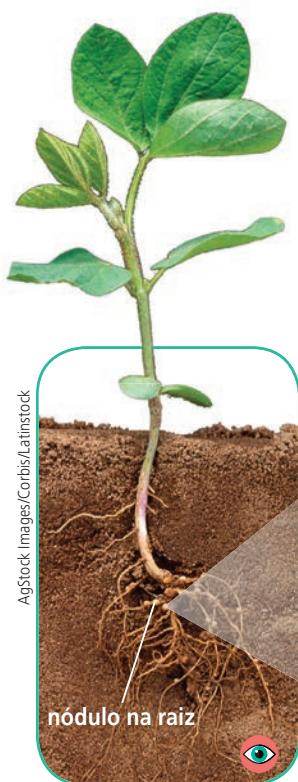
Solos pobres em nitrogênio precisam ser adubados para sua utilização na agricultura. Pesquise a respeito da **adubação verde** e explique no caderno por que essa técnica é geralmente bem-sucedida, listando também algumas vantagens desse tipo de adubação em relação ao uso de fertilizantes artificiais.

Veja subsídios no Manual.

Os procariontes fixadores de nitrogênio são essenciais à biosfera, pois sem eles o nitrogênio do ar não estaria disponível para os seres vivos em quantidades adequadas. Fala-se em quantidades adequadas, pois o nitrogênio atmosférico pode ser fixado por meios não biológicos, mas a quantidade fixada por esses processos é muito pequena, insuficiente para as necessidades dos seres vivos. Os principais meios não biológicos são erupções vulcânicas e relâmpagos.

Os animais contribuem para o ciclo do nitrogênio com a eliminação de excretas nitrogenadas, como amônia, ureia e ácido úrico. Esses dois últimos compostos podem ser transformados em íons amônio por bactérias decompositoras em um processo chamado amonificação.

Por meio da amonificação, bactérias e fungos decompositores também liberam íons amônio no meio a partir da degradação das proteínas e dos ácidos nucleicos presentes no corpo de organismos mortos. Em condições de ausência de oxigênio, bactérias especiais chamadas **denitrificantes** quebram o nitrato em gás nitrogênio, que é liberado para a atmosfera. Dessa maneira, existe um ciclo do nitrogênio na natureza (reveja o esquema da página 66).

As bactérias fixadoras de nitrogênio podem ser usadas em técnicas agrícolas. O principal exemplo é a antiga técnica da **adubação verde:** plantio alternado de leguminosas que, possuindo nódulos de bactérias fixadoras de nitrogênio em suas raízes, provocam aumento da concentração desse nutriente no solo. Em alguns casos, após a colheita, os restos das plantas são cortados e misturados ao solo; com a ação dos micro-organismos decompositores, a matéria orgânica presente nessas plantas passa a constituir mais uma fonte de nitrogênio.

Raízes de leguminosa com **nódulos de bactérias** (**bacteriorrizas**).

No entanto, ainda é bastante comum a adubação pelo uso direto de fertilizantes, que podem ser naturais, como fezes de animais (estrume), ou inorgânicos. Esse tipo de adubação geralmente promove a fertilização mais rápida do solo, mas seus efeitos nos ecossistemas podem ser extremamente prejudiciais, caso não seja realizada com procedimentos corretos.

Um exemplo de seus efeitos negativos é o aumento do processo de **eutroficação**, observado em ecossistemas de água doce.

A origem do termo eutroficação está na palavra grega *eutrophia*, que significa bem nutrido. A eutroficação também pode ser causada pelo excesso de compostos de fósforo na água.

O termo eutroficação, ou eutrofização, é utilizado para ecossistemas aquáticos que apresentam aumento na concentração de nutrientes, como nitratos e fosfatos, resultando em um desequilíbrio nas populações que ali vivem. Isso pode

ocorrer naturalmente após uma chuva, por exemplo, que arraste fezes e restos de animais para um lago. No entanto, esse processo tem se intensificado pelo uso de fertilizantes na agricultura; fosfatos e nitratos aplicados no solo chegam aos corpos de água arrastados pela chuva. Outro fator de eutrofização é o esgoto doméstico, muitas vezes lançado indevidamente, sem tratamento, nos rios.

Como acontece o desequilíbrio ecológico resultante da eutrofização? Os compostos nitrogenados e outros nutrientes são essenciais para o metabolismo de algas. Com o aumento dessas substâncias na água, aumentam as populações de algas (produtores) e, consequentemente, de animais (consumidores). A cor da água geralmente se altera como resultado da superpopulação de algas e cianobactérias em sua superfície.

As algas apresentam ciclo de vida curto: rapidamente surgem novos indivíduos, enquanto outros morrem. Aumenta o número de bactérias e fungos decompositores, e o teor de gás oxigênio na água torna-se reduzido. Após algum tempo, apenas os organismos mais tolerantes à baixa concentração de oxigênio sobrevivem, caso das bactérias anaeróbias. A água geralmente se torna escura, esverdeada e malcheirosa, devido ao metabolismo dessas bactérias.

Além da eutrofização, o excesso de nitrogênio nos solos por adubação química pode causar nos seres humanos uma doença chamada **metaemoglobinemia**. Nessa doença, o nitrogênio liga-se à hemoglobina presente nas hemácias, prejudicando o transporte de oxigênio. A doença é adquirida quando o indivíduo ingere grande quantidade de nitrito e nitrato, que podem estar presentes na água ou em verduras cultivadas em solos com excesso dessas substâncias.

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

Em equipe, façam uma pesquisa, se necessário entrevistando pessoas da sua cidade, para descobrir se na região onde você mora existe um lago ou córrego que tenha sofrido o processo que acabamos de descrever e quais seriam as suas causas. Pesquise também se existem medidas ou planos para reverter o estado do lago ou córrego.

Resposta pessoal, pois depende do exemplo dado pelo aluno. Veja no Manual um exemplo bem-sucedido de reversão do processo de eutrofização – o caso do rio Tâmisa, na Inglaterra.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

Esquema representando as principais causas e etapas da **eutrofização**.

Eutroficação

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Resposta pessoal. Prosseguindo a leitura o aluno poderá comparar suas ideias iniciais com as etapas do processo de sucessão ecológica.

PENSE E RESPONDA

Como você acha que foi o processo que levou à formação da Floresta Amazônica em uma região que já foi coberta por lava? Escreva suas ideias no caderno e depois compare-as com as de seus colegas.

3 Sucessão ecológica

Como vimos, em um ecossistema em equilíbrio é possível distinguir um fluxo de energia e um ciclo de matéria. A comunidade caracteriza-se por grande diversidade, que se mantém relativamente constante ao longo do tempo, sendo chamada **comunidade clímax**.

Até chegar ao estágio de clímax, as comunidades passam por uma sequência de estágios ou séries. Isto quer dizer que a região ocupada por uma comunidade clímax já foi diferente e sofreu transformações nos fatores bióticos e abióticos, até o estabelecimento de um ecossistema com grande diversidade e em equilíbrio energético.

Leia o texto a seguir:

> Com exceção dos Andes, a maior parte da América do Sul é muito antiga geologicamente, incluindo o território brasileiro. Desse modo, não há vulcões ativos no Brasil. Contudo, no passado geológico o continente sul-americano foi afetado por eventos vulcânicos gigantescos, como parte dos fenômenos globais que construíram e transformaram a crosta terrestre.
>
> Na região amazônica, por exemplo, pesquisas já identificaram vulcões muito antigos e derrames riolíticos que cobriram milhares de km^2 da superfície – cuja atividade ocorreu há mais de 1,7 bilhão de anos. A magnitude desses eventos nos faz refletir como foi inóspito o ambiente de então [...].
>
> Fonte: TEIXEIRA, W. et al. *Decifrando a Terra*. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009, p. 180.

RECORDE-SE

Comunidade
Conjunto das populações que habitam uma determinada região.

As comunidades existentes no nosso planeta não surgiram de uma só vez. A densa Floresta Amazônica, por exemplo, não surgiu pronta. Ela se formou aos poucos, após o derrame de lava, com organismos que foram colonizando as rochas formadas e criando condições para que outros organismos ali se instalassem, até chegar à complexa e exuberante comunidade de seres vivos que ocorre nesse ambiente. A Floresta Amazônica é um exemplo de comunidade clímax.

Walter Myers/Science Photo Library/Latinstock

Reconstituição artística de região da Terra com **intensa atividade vulcânica**. Evidências científicas indicam que, há cerca de 1,7 bilhão de anos, esse provavelmente era o cenário da região onde hoje existe a Floresta Amazônica.

Paisagem da **Floresta Amazônica**, como é atualmente.

Getty Images

Segundo a obra que estamos adotando como referência: "O termo geral biodiversidade refere-se à variação entre os organismos e os sistemas ecológicos em todos os níveis, incluindo a variação genética nas populações, as diferenças morfológicas e funcionais entre espécies e a variação na estrutura do bioma e nos processos ecossistêmicos tanto nos sistemas terrestres quanto aquáticos. Como a biodiversidade é tão abrangente, ▼

O que acabamos de descrever para o caso da Floresta Amazônica é a essência do conceito de **sucessão ecológica**: sucessão de comunidades em um dado local, até o estabelecimento de uma comunidade clímax. Esse processo é gradual e ocorre porque, a partir da colonização do ambiente pelos primeiros seres vivos, o ambiente vai sofrendo modificações provocadas pelos próprios organismos, como alterações na temperatura, no solo e nas condições de umidade.

A **sucessão primária** inicia-se em regiões que geralmente constituem ambientes hostis para a maioria dos seres vivos. É o caso da superfície nua de uma rocha, onde a umidade é reduzida, a temperatura varia muito ao longo do dia e não há nutrientes disponíveis. Existem apenas alguns seres vivos que conseguem sobreviver nessas condições. Dizemos que esses organismos são **pioneiros**, pois iniciam o processo de sucessão ecológica. Exemplos de organismos pioneiros são algumas espécies de bactérias, fungos e liquens.

Os **liquens** são associações entre algas e fungos. Os fungos fixam-se à rocha nua e retêm a umidade do ar, enquanto as algas aproveitam essa umidade e a presença de luz para realizar fotossíntese. Após certo tempo, alguns liquens vão morrendo naturalmente, sendo decompostos. Uma fina camada de matéria orgânica vai se formando lentamente sobre a rocha, além das partículas minerais resultantes da erosão. Essa camada vai constituindo o solo, que permite que plantas de pequeno porte, como musgos e gramíneas, se fixem e obtenham água e sais minerais.

O processo de sucessão continua: as plantas de pequeno porte promovem alterações no **microclima**, pois o local fica mais úmido e a camada de matéria orgânica em decomposição vai aumentando à medida que indivíduos vão morrendo. O solo se torna mais profundo e complexo, com condições para o estabelecimento de plantas cada vez maiores. Com o desenvolvimento da vegetação, animais também vão se estabelecendo na região, até chegar a um estágio em que a comunidade se torna rica em diversidade e estável: é a comunidade clímax.

A sucessão ecológica primária também pode ocorrer em dunas recém-formadas e geralmente é um processo lento, levando às vezes milhares de anos para o estabelecimento da comunidade clímax. Não apenas os ecossistemas florestais abrigam comunidades clímax; o Cerrado, a Caatinga, os campos, os manguezais, um ecossistema aquático (rio, mar ou lago) são exemplos de ambientes que passam pela sucessão ecológica e abrigam comunidades no estágio de clímax.

Ao longo da sucessão ecológica, aumenta a complexidade do ecossistema. Isso acontece pelo aumento da **biodiversidade**. Vamos considerar biodiversidade como sendo a riqueza ou o número de espécies de uma área. Assim, quando a biodiversidade aumenta, as relações entre as populações e com os fatores abióticos se tornam mais complexas. O resultado é um ecossistema constituído por uma teia de relações que tende a se manter estável ao longo do tempo.

ATENÇÃO

As condições climáticas, definidas por fatores como temperatura, precipitação e ventos, podem ser analisadas em diferentes escalas. O **macroclima** corresponde aos padrões gerais do clima em grandes áreas (para um bioma, por exemplo). Já o **microclima** é definido por condições climáticas locais. Sob as copas das árvores, por exemplo, o ar apresenta temperatura mais amena e maior umidade do que em uma área vizinha que seja formada por solo diretamente exposto ao Sol.

Artur Keunecke/Pulsar Imagens

As manchas brancas e alaranjadas na superfície da rocha são **liquens**, de espécies diferentes.

MULTIMÍDIA

Conservação para o Ensino Médio – Biodiversidade

Reprodução

<http://eco.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/biodiversidade.htm>

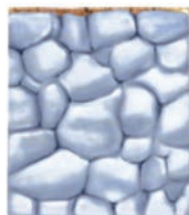
A biodiversidade é estudada pelos biólogos em diferentes níveis, falando-se em biodiversidade genética, orgânica e ecológica. Saiba mais sobre esses conceitos e descubra por que seu estudo é fundamental para a conservação da natureza.

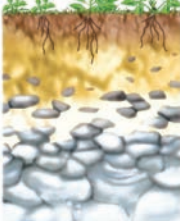
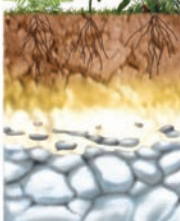
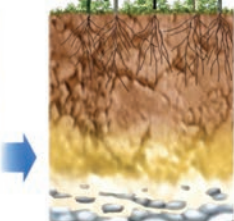
Acesso em: 21 jan. 2016.

▶ os ecólogos normalmente estudam um dos índices mais simples e mais gerais da biodiversidade: o número de espécies de uma área, normalmente chamado de *riqueza de espécies*.". É este último sentido mais geral do termo biodiversidade que estamos adotando neste livro, sendo adequado para a abordagem do tema no Ensino Médio. Fonte: RICKLEFS, R. E. *A economia da natureza*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010, p. 368.

Observe no esquema a seguir um exemplo hipotético de alguns estágios de sucessão primária; neste exemplo, a comunidade clímax formada é uma mata.

Estágios de sucessão ecológica primária

Luís Moura/Arquivo da editora

A – Chuva e vento desintegram a rocha.

B – Espécies pioneiras, como liquens, se instalam e modificam a superfície da rocha, iniciando a formação do solo.

C – Plantas começam a se instalar; aumenta a espessura do solo.

D – Samambaias, gramíneas e arbustos conseguem se instalar.

E – Está estabelecida a comunidade clímax.

Neste esquema, está representada apenas a vegetação, e não a fauna associada.

	Características da comunidade ao longo da sucessão ecológica	
	Estágios iniciais	**Comunidade clímax**
População	O número de espécies é pequeno e tende a aumentar.	O número de espécies é grande e pode se manter constante se não ocorrerem grandes perturbações.
Biodiversidade	Pequena no início, com tendência a aumentar.	Alta diversidade, que se mantém constante. As teias alimentares são complexas.
Biomassa	Pequena no início, pois há poucos organismos.	Alta biomassa, pois a quantidade de seres vivos é grande.

MULTIMÍDIA

Meio Ambiente – E eu com isso?
Nurit Bensusan,
Ed. Peirópolis, 2009.
Com texto simples e ilustrações divertidas, a autora, que é bióloga e trabalha com ONGs conservacionistas, explica a importância das questões ambientais.

Divulgação

É importante ressaltar que, em uma comunidade clímax, a biodiversidade se mantém constante, o que não significa dizer que não ocorrem variações sazonais. Além disso, ao longo de um intervalo maior de tempo, podem ocorrer modificações na estrutura da comunidade, com a extinção ou o surgimento de algumas espécies (por meio de migrações, por exemplo). Alterações no ambiente relacionam-se com alterações nas populações, e vice-versa. Assim, o uso do termo "estável" não deve ser entendido como imutável; não podemos nos esquecer de que os ecossistemas são dinâmicos e que, ao longo do tempo, as populações evoluem.

O equilíbrio energético do ecossistema também se altera durante o processo de sucessão ecológica. Em uma comunidade em desenvolvimento, a produção de alimento pela fotossíntese (F), realizada pelos seres autótrofos, é mais intensa do que o consumo desse alimento pela respiração (R) dos organismos (plantas, animais e outros).

Em uma comunidade em desenvolvimento: F > R.

Neste caso, o excesso de matéria orgânica produzida pela fotossíntese é utilizado no crescimento e reprodução das plantas.

Em uma comunidade clímax: F = R.

Neste caso, a taxa de fotossíntese se iguala à taxa de respiração. Isso significa que a produção de matéria orgânica pelos produtores é suficiente para abastecer todos os organismos que fazem parte daquela comunidade. A liberação de gás oxigênio pela fotossíntese também é suficiente para garantir a respiração de plantas, animais e outros seres vivos.

A sucessão ecológica também pode ocorrer em áreas que foram incendiadas, lavouras abandonadas e florestas derrubadas. Em um campo de cultivo abandonado, por exemplo, começam a aparecer gramíneas, que vão sendo substituídas por arbustos e depois por árvores de porte maior, formando as chamadas capoeiras. Casos como esse recebem o nome de **sucessão secundária**, para diferenciá-los da sucessão primária, que é a colonização de áreas inóspitas. A sucessão secundária geralmente é um processo mais rápido do que a sucessão primária, podendo levar algumas décadas para o estabelecimento de nova comunidade clímax.

Observa-se sucessão secundária no Cerrado, onde existe um ciclo sazonal, estabelecido há dezenas de milhares de anos, em que ocorrem incêndios naturais na época seca. O acúmulo no solo de vegetação seca (palha), o ar seco e a ocorrência de raios geram esses incêndios. As plantas nativas possuem características que lhes permitem sobreviver e rebrotar logo após a queimada – algumas sincronizam sua época de floração com a passagem do fogo. Os animais fogem para ambientes vizinhos e recolonizam a área, após a queimada e o restabelecimento da vegetação.

No entanto, o ciclo natural do Cerrado tem sido alterado por ação do ser humano. Os incêndios são frequentes e de consequências desastrosas, o que interfere na recuperação dos ecossistemas. A queimada de uma lavoura ou uma simples ponta acesa de cigarro jogada na palha pode se espalhar e gerar um incêndio de grandes proporções. Com o desmatamento, a área em recuperação não recebe sementes vindas de plantas de áreas vizinhas, como acontece no Cerrado nativo, intocado. Com a delimitação de fazendas e o crescimento de cidades, os animais não têm para onde fugir e morrem queimados, e a frequência dos incêndios não permite que o processo de sucessão secundária comece a ocupar novamente a área queimada.

Conhecer o processo de sucessão ecológica de cada ambiente é fundamental para que se possa recuperar áreas devastadas e restabelecer o equilíbrio ecológico dos ecossistemas. Existem atualmente muitas iniciativas nesse sentido em diversos países, inclusive no Brasil.

RECORDE-SE

Sucessão ecológica primária

Colonização de uma área inóspita, iniciada por organismos pioneiros. Resulta no estabelecimento de uma comunidade clímax.

Sucessão ecológica secundária

Colonização de áreas antes ocupadas, como uma região desmatada.

Du Zuppani/Pulsar Imagens

Paisagem de Cerrado em Goiás, após queimada. Observe várias plantas brotando, promovendo a regeneração da vegetação.

MULTIMÍDIA

Aspectos do Cerrado – Fogo

<http://eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos_fogo>

Conhecer as características do Cerrado e seus ciclos naturais é fundamental para que se elaborem planos eficazes de preservação dos ecossistemas ali presentes e de desenvolvimento sustentável das populações humanas locais. O autor do texto, Prof. Dr. Leopoldo Magno Coutinho (1934-2016), do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, foi um pesquisador pioneiro no estudo do fogo no Cerrado.

Reprodução

Acesso em: 04 jan. 2016.

3.1 A interferência humana no processo de sucessão ecológica

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

Com sua equipe, faça uma pesquisa em livros e em *sites* de divulgação científica na internet para descobrir a relação entre a retirada de mata ciliar, que ocorre às margens de rios, e o processo de empobrecimento do solo conhecido como desertificação.

A retirada de mata ciliar promove o assoreamento do rio e a erosão do solo, processo que pode levar à desertificação. Veja comentários no Manual.

Quando uma região é devastada por um incêndio, uma tempestade ou alterações no macroclima, a destruição da comunidade geralmente é seguida pelo processo de sucessão ecológica secundária, como já foi comentado. No entanto, essa mesma região pode sofrer um esgotamento, tornando a água ou os solos tão empobrecidos que a sucessão ecológica não leva mais ao estabelecimento de uma comunidade clímax com as mesmas características anteriores. As atividades humanas são as principais responsáveis por tal desequilíbrio, pois intensificam o processo de erosão, acúmulo de resíduos tóxicos, desmatamento, entre outras interferências.

Áreas destruídas na Floresta Amazônica, por exemplo, dificilmente serão novamente recobertas pela comunidade original, mesmo se deixadas abandonadas após a destruição. O que mantém a vegetação da floresta em termos de nutrientes é a rápida decomposição de folhas e materiais mortos. Se a floresta for queimada e o solo ficar exposto, as plantas não conseguirão se estabelecer ali novamente. A tendência é a formação de uma região com uma biodiversidade bem menor que a da floresta original.

A devastação contínua do meio faz com que a sucessão ecológica não chegue a estabelecer uma comunidade clímax. É o que geralmente ocorre nas encostas de estradas. Na foto desta página, observa-se a comunidade presente na encosta de uma estrada aberta em meio à Mata Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, em São Paulo. A sucessão secundária resultou na colonização do solo por plantas rasteiras que impedem o desenvolvimento de outras espécies, devido a características como sua rápida reprodução. Além disso, a região é diariamente perturbada pela poluição dos veículos que passam na estrada. Assim, dificilmente a área será recolonizada pela flora e fauna original da mata.

Plantas encontradas em uma **encosta da Rodovia Rio-Santos**, entre elas samambaias do gênero *Gleichenia*. Essa samambaia é comumente encontrada em áreas perturbadas por atividades humanas.

Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

4 Desafios para o futuro

Vivemos em uma sociedade cada vez mais industrializada e urbana, com queda nas populações que vivem na área rural. Esta também apresenta tendência à implantação de máquinas em detrimento da agricultura manual.

Muitos cientistas não consideram que uma cidade seja um "ecossistema urbano", pois, como vimos, um ecossistema apresenta fluxo controlado de energia e reciclagem de matéria, sendo autossustentável. É de outros ambientes, de fora da cidade, que os moradores obtêm seu alimento e energia para motores e aparelhos elétricos. As populações urbanas, geralmente, consomem muito mais do que necessitam e produzem diariamente enormes quantidades de resíduos sólidos, gases poluentes e esgoto.

Os resíduos orgânicos sobrecarregam a função decompositora do ambiente, provocando processos como a eutroficação, que analisamos anteriormente. Quando esses resíduos não são coletados e descartados de forma adequada, provocam infestações das chamadas pragas urbanas, como ratos, baratas e pombos. Há também a liberação de substâncias tóxicas, que se acumulam no solo, na água e no ar.

A **poluição**, definida pelo excesso de certos fatores em uma determinada área, também pode ser sonora e visual. A intensidade do som e a quantidade de estímulos visuais nas grandes cidades já é um fato tão comum que muitos moradores nem percebem esse tipo de poluição, que pode causar prejuízos como perda auditiva e estresse.

Para manter a rotina de consumo nas cidades, ecossistemas naturais são destruídos para ceder espaços à agricultura e pastagens para gado. O desmatamento, além de contribuir para o aumento do aquecimento global, também está diretamente relacionado a quedas bruscas na biodiversidade do planeta. Cientistas afirmam que, apesar de terem existido períodos de desequilíbrios ecológicos e extinção de espécies ao longo da história da Terra, nenhum deles ocorreu de forma tão rápida e intensa quanto agora. Nós, seres humanos, fazemos parte da natureza assim como os outros organismos; no entanto, nem sempre contribuímos para seu equilíbrio.

Uma das ações mais importantes para frear a perda de biodiversidade é a proteção de ecossistemas, que pode ser feita pela preservação e pela conservação.

A **preservação** refere-se às ações que protegem o ambiente dos impactos humanos, mantendo-o intocado, ou seja, inacessível às populações humanas. A **conservação**, por sua vez, compreende a proteção de uma área a partir de formas sustentáveis de convivência entre a população humana e as outras espécies que ali habitam, tendo um alcance social e ambiental.

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

Escolham uma substância tóxica para pesquisar a respeito das principais fontes de contaminação e seus efeitos no ambiente e na saúde humana. Alguns exemplos são: chumbo, cádmio, mercúrio, zinco e césio. Apresentem os dados às outras equipes, na forma de um seminário.

Veja comentários no Manual.

MULTIMÍDIA

Ilha das Flores

Divulgação

Direção de Jorge Furtado. 15 min. Cor. Brasil, 1989.

Produzido no final da década de 1980, o tema deste filme ainda é atual: as questões ambientais e sociais relacionadas ao consumo e ao descarte dos resíduos.

Juca Varella/Folhapress

Nas ruas e avenidas das cidades, carros e ônibus são fontes de **poluição**. Os veículos contribuem para a poluição do ar pela liberação de fumaça, como se vê nesta foto, e até com a poluição sonora, pela intensidade do barulho no trânsito. A grande quantidade de sinais visuais caracteriza a poluição visual.

Veja a leitura "A duração do lixo no meio ambiente", na página 80.

Nos planos de conservação ambiental, é fundamental planejar o uso dos recursos naturais e combater os problemas causados pelo crescimento desenfreado da população humana, em condições de extrema desigualdade social.

Podemos pensar que as soluções para as questões ambientais são complexas e dependem exclusivamente de leis e ações de governos. Mas nós também podemos contribuir – e muito! O mais importante é repensar o excesso de consumo e optar sempre por produtos com menos embalagens. Podemos contribuir também por meio da **reciclagem** de materiais, participando da **coleta seletiva do lixo**; podemos incorporar atitudes como a reutilização e o reaproveitamento de objetos que, sem tal atitude, iriam facilmente parar no lixo. Quando decidimos, por exemplo, não comprar um produto embalado em diversos saquinhos plásticos, estamos enviando uma mensagem aos fabricantes e vendedores: não queremos adquirir algo que gera tantos resíduos desnecessariamente. Isso pode levar a mudanças na embalagem do produto e, consequentemente, menos sacos plásticos serão produzidos, o que é positivo para o meio ambiente. Escolher adequadamente os produtos que pretendemos comprar, pensando na redução da quantidade de resíduos produzidos, é praticar o **consumo consciente**.

Simples decisões do dia a dia como o que vamos consumir, se vamos preferir um produto com menos embalagem, se vamos sair de carro ou usar transporte público, ou onde e como vamos descartar nossos "lixinhos", já terão um efeito positivo para o ambiente da escola, do bairro, da cidade e do planeta.

ATENÇÃO

Os especialistas chamam o "lixo" de **resíduos sólidos**, que podem ser orgânicos, recicláveis ou não recicláveis. Entre os não recicláveis, estão os que precisam de coleta especial e incineração, caso dos materiais cirúrgicos. Não devemos nos esquecer de que a maioria dos resíduos descartados pelos cidadãos pode ser reaproveitada ou reciclada, não sendo, portanto, lixo.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

Coleta seletiva: as cores que identificam as lixeiras seguem uma convenção adotada por muitos países.

> "Não herdamos a terra de nossos antepassados, mas a tomamos emprestada de nossos descendentes futuros."
>
> Antigo provérbio indígena

Celio Coscia/Fotoarena

MULTIMÍDIA

Reprodução

A história das coisas

(*The story of stuff*, Annie Leonard. 22 min. Cor. EUA, 2007.)

<http://storyofstuff.org/movies/story-of-stuff/>

Com legendas em português, esta animação mostra as etapas dos processos industriais, desde a extração da matéria-prima até o descarte dos produtos, evidenciando a correlação entre problemas socioambientais, o consumo excessivo e a falta de durabilidade dos produtos. Algumas informações são referentes aos EUA, mas a maioria se aplica à nossa sociedade também. Com mais de 40 milhões de visualizações, o vídeo deu origem ao projeto "A história das coisas" (*Story of Stuff Project*), que continua a desenvolver animações como "A história dos eletrônicos" e "A história dos cosméticos".

Acesso em: 06 jan. 2016.

Amazônia: “pulmão” do mundo?

Esse *slogan* tornou-se mundialmente conhecido na época da Rio-92, conferência internacional organizada pela ONU e realizada no Rio de Janeiro, em 1992, objetivando a discussão de questões ambientais e a criação de metas para a preservação do meio ambiente. No entanto, a Amazônia não é o “pulmão” do mundo, pois a mesma quantidade de gás oxigênio liberado pelas plantas da floresta durante a fotossíntese é utilizada na respiração dos próprios seres vivos desse ecossistema. A Amazônia, nas áreas não perturbadas pelo ser humano, apresenta comunidades clímax e, portanto, autossuficientes nos seus processos metabólicos.

Embora a intenção tenha sido louvável – a de chamar a atenção para a preservação da Floresta Amazônica – há mais um problema na expressão “pulmão do mundo”. Os pulmões promovem a entrada e a saída de ar do organismo. Nos pulmões, o ar inspirado sofre trocas gasosas com o sangue que ali circula e assim entra gás oxigênio no organismo, ocorrendo o inverso com o gás carbônico, que passa do sangue para o ar que está nos pulmões. Assim, o que os pulmões devolvem para o ambiente é ar com mais gás carbônico e menos oxigênio, em relação à concentração desses gases no ar inspirado.

Mesmo que a análise do *slogan* mostre imprecisão quanto ao equilíbrio energético em uma comunidade clímax, considera-se que os avanços socioambientais após a Rio-92 foram muito importantes. No Brasil, foram elaboradas políticas ambientais, surgiram empresas com responsabilidade socioambiental e houve engajamento maior da população nas questões de preservação do meio ambiente. Em junho de 2012, ocorreu a Rio+20, para definir um plano de ações em prol do desenvolvimento sustentável para as próximas décadas.

Veja mais informações sobre a Rio+20 no *site:* <http://www.rio20.gov.br>. Acesso em: 01 dez. 2015.

Maxim Samasiuk/Dreamstime

Esta fotomontagem representa a conhecida expressão **“A Amazônia é o pulmão do mundo”**, usada para sensibilizar acerca de problemas ambientais.

Todas as plantas necessitam de solo rico em nitrogênio?

O nitrogênio é um nutriente essencial ao crescimento das plantas, sendo a sua deficiência um fator limitante para o desenvolvimento delas no ambiente natural e também na agricultura. Neste último caso, métodos de adubação adequados garantem a produtividade.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

As **plantas carnívoras do gênero *Dionaea*** apresentam folhas divididas em duas partes, que funcionam como uma armadilha que prende pequenos animais, principalmente insetos. As folhas geralmente medem cerca de 5 cm de comprimento e a digestão de um inseto capturado pode levar de 5 a 15 dias.

Existem espécies de plantas, porém, que sobrevivem em solos pobres em nitrogênio. Entre elas estão as plantas carnívoras. A Austrália e o Brasil são os países que abrigam maior número de espécies dessas plantas, especialmente em ambientes de solos pobres de chapadas e campos rupestres. Algumas plantas carnívoras chegam a morrer se forem colocadas em solos ricos em nitrogênio.

As plantas carnívoras possuem folhas modificadas capazes de atrair, capturar e digerir animais. Na maioria dos casos, capturam insetos, mas podem também capturar pequenos vertebrados, como pererecas e lagartos. As enzimas digestivas produzidas pelas plantas carnívoras degradam o corpo desses animais, inclusive as proteínas. Assim, elas obtêm o nitrogênio que necessitam. No entanto, também realizam fotossíntese, produzindo carboidratos que serão sua fonte de energia.

1 Da Eco-92 à COP-21

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC – do inglês *Intergovernmental Panel on Climate Changes*), sob responsabilidade da ONU, publicou, na década de 1990, relatórios que deixaram evidente a relação entre as emissões de gases de efeito estufa e o aquecimento global, percebido principalmente sob a forma de bruscas mudanças no clima. A partir daí, cientistas, ambientalistas e representantes de governos passaram a se reunir em convenções anuais, em busca de atitudes capazes de refrear a emissão de gases na atmosfera e não comprometer as condições climáticas e, por consequência, a vida na Terra. Em 1992 realizou-se no Brasil, na cidade do Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, que ficou conhecida de maneira informal como Eco-92 ou Cúpula da Terra. Desse encontro resultou um acordo internacional discutido e atualizado anualmente na Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a mudança do clima, que passou a ser designada, de forma simplificada, por COP.

A COP-3 foi realizada em dezembro de 1997, na cidade de Kyoto, no Japão. Na ocasião foi criado um acordo internacional, o Protocolo de Kyoto, com o objetivo de comprometer os países pertencentes à ONU às medidas de controle e redução das emissões de gases de efeito estufa na atmosfera. Entre essas medidas, estavam ações como promover o uso de fontes energéticas renováveis (como energia eólica e solar), tornar as indústrias e os transportes menos poluidores e manter políticas de preservação de ecossistemas.

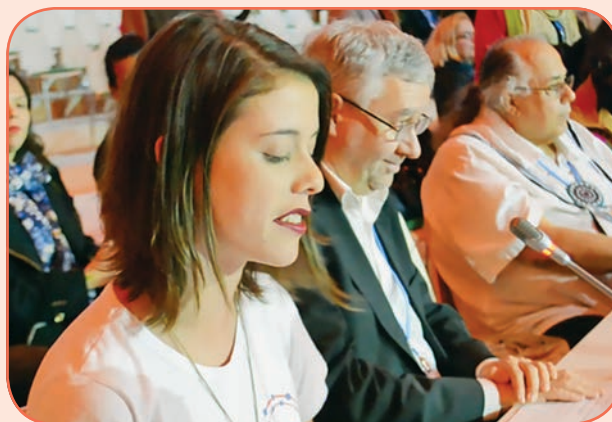
Os países signatários comprometeram-se a mostrar, a partir de 2005 até 2012, o progresso na adoção dessas medidas. O Brasil foi um dos primeiros a assinar o protocolo. No entanto, algumas nações industrializadas, que sozinhas são responsáveis por grande parte das emissões de gases estufa na atmosfera, não ratificaram o acordo.

Em dezembro de 2012, ocorreu a COP-18 em Doha, no Catar. A decisão foi a de estender a validade do Protocolo de Kyoto até 2020. Houve discussão em relação às medidas mais adequadas para cada país no cumprimento do protocolo.

Como parte do compromisso, cada país elaborou um "Mecanismo de Desenvolvimento Limpo" (MDL), um plano de ação com o objetivo de promover o desenvolvimento e, ao mesmo tempo, reduzir as emissões de CO_2 e outros gases. No Brasil, uma comissão formada por especialistas de diversos ministérios é responsável por aprovar os projetos do MDL elaborados em nosso país.

Entre 2014 e 2015, durante as COP-20 e COP-21, surgiu o delineamento de um novo documento em substituição ao Protocolo de Kyoto, para entrar em vigor em 2021. Conhecido como "acordo de Paris", sede da COP-21, o documento prevê que todos os países participantes devem se comprometer a reduzir as emissões de gases de efeito estufa – não existe mais a opção de apenas manter as emissões sob controle, como acontecia no Protocolo de Kyoto. O novo acordo também aborda temas como o financiamento de tecnologias não poluentes ao redor do mundo como parte do compromisso dos países participantes.

Outra novidade nas COPs mais recentes tem sido a participação de organizações não governamentais nas discussões. Na plenária final da COP-21, a jovem brasileira Raquel Rosenberg falou em nome da juventude engajada em movimentos sociais em prol de um futuro melhor. Em seu discurso, Raquel disse: "Esse é o primeiro passo em direção ao fim da era dos combustíveis fósseis e do desmatamento. É o primeiro passo rumo a um novo tipo de sociedade".

Divulgação

Raquel Rosenberg discursando na COP-21, em 2015.

Os dados a seguir estão apresentados em um infográfico, recurso cada vez mais utilizado na comunicação por unir, de modo dinâmico, informações e imagens na transmissão de um conteúdo. Na maioria dos infográficos, as imagens são apenas ilustrativas, não representando fielmente os objetos. Este é o caso do infográfico aqui apresentado. Oriente os alunos em sua leitura e interpretação, o que será útil quando se depararem com este recurso em outros contextos.

REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DE BIOLOGIA

Aquecimento global

EFEITOS

Derretimento das geleiras

Redução das calotas polares

Mudanças climáticas

Aumento da concentração de CO_2 na atmosfera

Aquecimento dos oceanos

Ondas de calor

Aumento do nível do mar

Prejuízos à agricultura e à pesca

Alteração no pH dos oceanos

Aumento da temperatura da superfície

Problemas de saúde

Problemas na obtenção de energia

SOLUÇÕES

Pesca sustentável

Investimento em educação

Construções ecológicas que gastam menos material e energia

Opções menos poluentes de transporte

Planos de conservação ambiental e preservação da biodiversidade

Técnicas agrícolas mais eficientes

Planejamento para conter o aumento do nível do mar

Construções ecológicas e fontes de energia pouco poluentes

Alexandre Affonso/Arquivo da editora

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Fontes: Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) – em inglês. Disponível em: <http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php/>. Instituto Socioambiental (ISA) – COP-21. Disponível em: <http://www.socioambiental.org/pt-br/cop-21>. Acessos em: 04 jan. 2016.

No *site* do Instituto Socioambiental citado, clique em "Histórico das COPs" para conferir uma linha do tempo interativa mostrando as conferências realizadas e as resoluções resultantes de cada uma.

DEPOIS DA LEITURA...

Além dos impactos ambientais, o aquecimento global traz consequências sociais e econômicas, afetando todas as pessoas. Reúna-se com seus colegas e pesquisem este tema. Produzam um texto que expresse a opinião do grupo sobre o que a juventude pode fazer a esse respeito e leiam suas considerações para os outros colegas – semelhante ao texto discursado pela jovem brasileira na COP-21.

As mudanças climáticas alteram a capacidade de produção agrícola e pecuária, o que afeta principalmente a fonte de renda da população rural. As mudanças nas temperaturas nos oceanos têm prejudicado populações de peixes de interesse comercial. Desse modo, cadeias produtivas ficam ameaçadas e diversas populações humanas em risco de pobreza.

2 A duração do lixo no meio ambiente

Vimos neste capítulo que os resíduos sólidos podem ser biodegradáveis ou não biodegradáveis. Os materiais biodegradáveis sofrem decomposição, sendo reduzidos a partículas minerais e gases. O tempo de degradação desses materiais é pequeno, como é o caso de restos de alimento, papel e pedaços de pano.

Outros materiais são mais difíceis de serem decompostos, levando centenas de anos até o final do processo (caso da maioria dos plásticos) ou apresentam tempo de decomposição indeterminado, como acontece com o vidro. Esses materiais podem ser considerados não biodegradáveis. O recomendável é a reciclagem desses materiais, para que não se acumulem no ambiente.

Observe na tabela a seguir alguns materiais e o tempo de sua decomposição no ambiente.

Tempo de decomposição de alguns materiais

Material	Tempo aproximado
Fralda descartável	600 anos
Plástico	450 anos
Lata de alumínio	200 anos
Náilon	30 anos
Madeira (pintada)	13 anos
Filtro de cigarro	2 anos
Tecido de algodão	1 ano
Papel	3 meses
Pneu	tempo indeterminado
Vidro	tempo indeterminado

Fonte: *Folha de S.Paulo*, 11 de fev. 2000. Caderno especial sobre o lixo.

Os dados da tabela nos levam a refletir a respeito da qualidade e também da quantidade de materiais que descartamos todos os dias e qual é o impacto disso no ambiente. Você já ouviu falar nos 3Rs: **reduzir**, **reutilizar** e **reciclar**? Vamos comentar brevemente as diferenças entre eles e ver como todos nós podemos contribuir para a melhoria da questão do lixo.

Reduzir o consumo é fundamental para diminuir os custos e os problemas gerados pelo descarte do lixo. Você pode utilizar uma sacola de palha ou pano em suas compras, evitando assim consumir sacolas plásticas. Você pode se recusar a comprar um produto que venha com excesso de embalagens e evitar o uso de objetos descartáveis, preferindo os duradouros. Esses são exemplos de como os cidadãos podem reduzir a quantidade de resíduos descartados. Indústrias também podem elaborar meios de reduzir os materiais que utilizam em suas atividades.

O hábito de **reutilizar** materiais e objetos é uma prática importante que pode ser cultivada no dia a dia de cada um. Uma peça de roupa que não serve mais em você, por exemplo, pode servir para outra pessoa ou pode ser reformada, diminuindo a necessidade de novas compras. Como você pode perceber, as atitudes de reduzir e reutilizar estão interligadas, pois ao reutilizar um objeto contribui-se para a redução do consumo.

O terceiro "R" corresponde ao **reciclar**, atividade que promove economia de energia, água e outros recursos na produção de novos materiais. Um exemplo bem conhecido de reciclagem no Brasil é o de latas de alumínio: o seu material – o alumínio – é derretido e pode ser utilizado para novas latas, em um ciclo contínuo. O processo de reciclar o alumínio pode gerar uma economia de até 90% em relação aos custos de se obter a matéria-prima a partir da mineração.

Shutterstock

No Brasil, as latas de alumínio que possuem o símbolo mostrado são feitas a partir de sua reciclagem.

A reciclagem envolve as indústrias que têm a função de trazer de volta ao ciclo produtivo o que é jogado fora, e as empresas de coleta e transporte do material a ser reciclado. Mas todos nós participamos do processo de reciclagem ao fazer a separação dos resíduos para a coleta seletiva e ao exigir o cumprimento das etapas posteriores pelas organizações competentes.

Na convenção mundial sobre meio ambiente conhecida como Rio+20, realizada em 2012 na cidade do Rio de Janeiro, foram somados mais alguns “erres” à já conhecida política dos 3Rs, como meta para o desenvolvimento sustentável de uma sociedade. Entre eles, destacam-se:

- **repensar**, refletindo a respeito de como seus hábitos afetam o ambiente;
- **recusar**, praticando o consumo consciente ao evitar adquirir produtos desnecessários ou que utilizem de forma irracional os recursos naturais para serem fabricados;
- **reeducar**, participando da conscientização de sua comunidade a respeito do lixo;
- **recuperar** áreas degradadas e buscar formas cada vez menos impactantes de destinar o lixo.

Diversas medidas vêm sendo tomadas nessa direção, tanto por iniciativas individuais, quanto governamentais. No Brasil, existe a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que prevê o fechamento dos lixões, áreas em que o lixo fica exposto a céu aberto, até 2014.

Vamos conhecer um exemplo envolvendo o fechamento de um lixão. O Parque Villa-Lobos, na cidade de São Paulo, foi construído em um terreno que antes abrigava um depósito a céu aberto de resíduos da construção civil e da limpeza do rio Pinheiros. Ali viviam famílias coletando embalagens, em situação precária e de risco à saúde. Em 1989, as famílias foram removidas do local, o entulho foi retirado e uma camada de terra foi colocada para receber vegetação.

Atualmente, a paisagem por ali é muito diferente. O parque recebe milhares de visitantes todos os dias, que aproveitam as trilhas para caminhada e bicicleta. A qualidade do ar no entorno melhorou consideravelmente. Medições regulares asseguram aos frequentadores de que a área é segura, sem contaminantes liberados no solo ou no ar.

Fontes:

Ministério do Meio Ambiente – Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/política-de-resíduos-sólidos>. Sistema Ambiental Paulista. Parque Villa-Lobos: a transformação de uma área degradada. 30 nov. 2012. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/blog/2012/11/30/parque-villa-lobos-a-transformacao-de-uma-area-urbana-degradada/>. Acessos em: 04 jan. 2016.

1 1989

Claudia Guimarães/Folhapress

2 2015

Palê Zuppani/Pulsar Imagens

Na foto 1, a limpeza do terreno onde hoje se localiza o parque Villa-Lobos, na zona Oeste da cidade de São Paulo. Em 2, vista recente do parque.

DEPOIS DA LEITURA...

a. Qual é a diferença entre lixão e aterro sanitário? Pesquise o tema em livros e materiais elaborados por prefeituras e organizações voltadas à preservação do ambiente, comparando as informações. Reúna-se com seus colegas e juntos escrevam um texto, com esquemas ou ilustrações que complementem as informações do texto. Cite as fontes de consulta que vocês utilizaram.

b. Pilhas e baterias de celular contêm substâncias que podem contaminar o ambiente. Como deve ser feito o descarte desses materiais?

c. Você conhece algum exemplo de recuperação de áreas degradadas na região onde você mora? Reúna-se com os colegas e busquem informações na Secretaria do Meio Ambiente de sua cidade. Se existir uma área que precisa ser recuperada, que tal organizar um movimento em prol de sua recuperação? Mobilizem a comunidade, informem os vereadores e colaborem!

a) Nos lixões, o material recolhido é despejado diretamente no solo, a céu aberto. Nos aterros sanitários, o material é acondicionado e tratado de forma a evitar prejuízos ao ambiente. Veja mais subsídios no Manual.
b) Consulte o Manual.
c) Resposta pessoal. Veja sugestão no Manual.

ATIVIDADES

1. O esquema apresenta as etapas que ocorrem no ciclo da água na natureza: evaporação, condensação (gotículas na face interna do filme plástico) e precipitação (gotas maiores que caem no centro da montagem).▼

Revendo e aplicando conceitos

▶A água contida no recipiente maior evapora e parte do vapor sofre condensação em contato com o filme plástico. Com o abaulamento produzido pela moeda, gotas de água escorrem pelo filme e caem no centro do recipiente, onde está o pote pequeno.

1. Observe a figura a seguir:

Há gotículas de água na superfície interna do filme plástico.
moeda
filme plástico
recipiente de vidro
água
recipiente menor

Luis Moura/Arquivo da editora

Compare o que foi representado no esquema com o ciclo da água que ocorre na natureza, enfocando as mudanças de estados físicos da água.

2. Ainda sobre o ciclo da água, responda:

a. De que forma plantas e animais participam desse ciclo?

b. Há preocupação acerca da escassez de água doce para as próximas gerações. Algumas atividades humanas afetam as fontes de água. Essas alterações são quantitativas ou qualitativas? Justifique sua resposta.

3. O planeta Vênus possui uma atmosfera com cerca de 96% de gás carbônico em sua composição. A temperatura média na superfície do planeta é de 464 °C. Existe alguma relação entre as duas informações? Explique.

4. Sabendo que o feijoeiro é uma planta leguminosa, responda: 4. a) Os nódulos são colônias de bactérias (bacteriorrizas) fixadoras de nitrogênio.

a. A que correspondem os nódulos existentes em suas raízes? 4. b) O feijoeiro obtém nitrogênio a partir dos compostos, como a amônia, produzidos pelas bactérias fixadoras que vivem em suas raízes.

b. Por que geralmente o feijoeiro não necessita de solos fertilizados artificialmente com nitrogênio para se desenvolver?

5. Na década de 1980, o uso de CFC foi proibido em aerossóis para evitar o agravamento de um desequilíbrio ambiental. A liberação de CFC na atmosfera foi associada com o aparecimento de mutações genéticas em peixes da Antártida. Qual é a relação entre CFC e esse fato? 5. Consulte o Manual.

6. Considere uma determinada área e sua biodiversidade em quatro épocas diferentes; cada um dos quadros a seguir representa os principais organismos encontrados em cada época. Coloque os quadros na ordem cronológica correta, levando em consideração a sucessão ecológica primária. 6. Sequência: 4 – 1 – 3 – 2.

2. a) Plantas transpiram pelas folhas; animais transpiram pela superfície do corpo e eliminam vapor de água pela respiração. Ambos participam do ciclo da água na passagem do estado líquido (encontrado dentro de seus organismos) para o estado gasoso.

3. Há relação direta entre as duas informações, pois o gás carbônico é um gás de efeito estufa, retendo, portanto, calor na atmosfera. A elevada concentração de CO_2 na atmosfera de Vênus relaciona-se com a elevada temperatura daquele planeta.

1
Musgos
Samambaias
Micro-organismos

2
Árvores frutíferas
Liquens e musgos (nos troncos das árvores)
Insetos
Aves; mamíferos
Cobras e lagartos
Micro-organismos

3
Arbustos
Gramíneas
Insetos (formigas, besouros e outros)
Lagartos
Micro-organismos

4
Liquens
Micro-organismos

7. a) Sim, pois há colonização de uma área com calçamento por seres vivos.

7. A fotografia a seguir mostra algumas plantas (gramíneas) crescendo na calçada de uma cidade.

Alípio Z. da Silva/Kino

Analise a imagem e responda:

a. A situação que vemos na foto – de plantas crescendo no calçamento – pode ser considerada um exemplo de sucessão ecológica? Por quê?

b. Essas plantas teriam condições de ocupar um ambiente em estágios iniciais de sucessão ecológica? Justifique sua resposta.

c. Considerando o processo de sucessão ecológica, o que poderia acontecer com a área fotografada se ela fosse abandonada, isto é, não sofresse interferência humana, por algumas décadas?

Trabalhando com gráficos

8. A águia-americana ou águia-de-cabeça-branca (*Haliaeetus leucocephalus*) é espécie nativa da América do Norte, sendo considerada símbolo nacional pelos Estados Unidos.

Desde a década de 1950, a espécie consta na lista de animais ameaçados, devido à contaminação do ambiente por pesticidas não biodegradáveis, como o inseticida DDT. Verificou-se que substâncias químicas derivadas do DDT

2. b) As alterações são na qualidade da água, em virtude de poluírem oceanos e mananciais. A quantidade de água no planeta se mantém estável graças ao ciclo da água.

7. c) Se a área fosse abandonada e não sofresse interferência humana, poderia ocorrer processo de sucessão ecológica secundária, com a colonização da área por vegetação (germinação de sementes de plantas localizadas em áreas vizinhas) e outros organismos (migração de animais).

7. b) Sim, pois as plantas que sobrevivem nas fendas do calçamento certamente apresentam características favoráveis ao desenvolvimento em condições que, para outras espécies de plantas, seriam adversas.

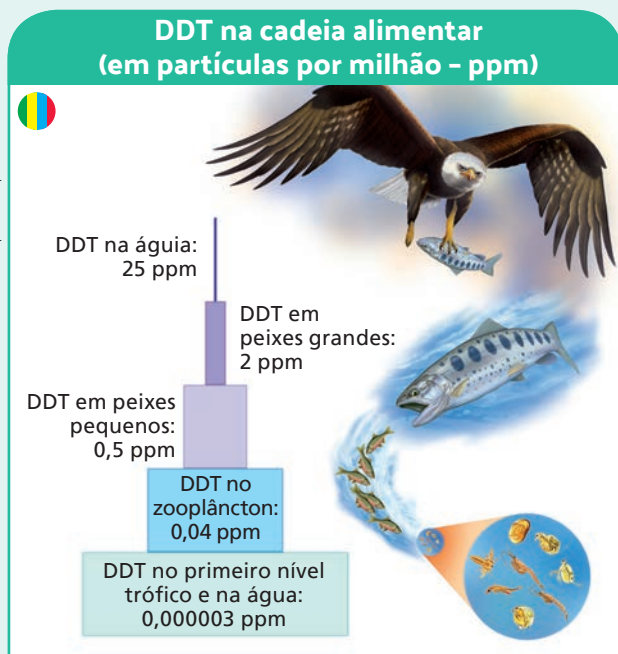
acumulam-se na gordura corporal das águias adultas e causam a produção de ovos mais frágeis, com casca mais fina. O uso de DDT foi proibido nos EUA a partir de 1972 e, graças a essa e outras medidas de conservação, as populações de águias-de-cabeça-branca começaram a aumentar nos EUA, apesar de, em algumas áreas, a produção de ovos ainda ser considerada muito baixa. Outros tipos de inseticidas não biodegradáveis ainda são utilizados e compostos tóxicos deles derivados foram encontrados em amostras de ovos da águia-de-cabeça-branca.

Observe a figura a seguir e depois responda às questões:

DDT na cadeia alimentar (em partículas por milhão – ppm)

DDT na água: 25 ppm
DDT em peixes grandes: 2 ppm
DDT em peixes pequenos: 0,5 ppm
DDT no zooplâncton: 0,04 ppm
DDT no primeiro nível trófico e na água: 0,000003 ppm

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Fonte: *U.S. Fish & Wildlife Service* (órgão do governo norte-americano responsável por questões ligadas à pesca e conservação de animais silvestres) – em inglês. Disponível em: <http://www.fws.gov/midwest/eagle/>. Acesso em: 04 jan. 2016.

a. Qual é o caminho percorrido pelo DDT, desde o momento em que é lançado no ambiente (pulverizado sobre uma plantação, por exemplo) até acumular-se nos tecidos da águia?

8. b) Veja subsídios no Manual.

b. Por que a concentração de DDT é maior no corpo de uma águia adulta do que em um organismo do plâncton?

9. O gráfico mostra as variações na concentração de gás carbônico na atmosfera terrestre ao longo de 39 anos. Tal pesquisa foi iniciada pelo cientista Charles Keeling, razão pela qual este gráfico ficou conhecido como "curva de Keeling". As medidas foram feitas em uma ilha do Havaí (EUA), no oceano Pacífico, por ser uma região afastada de grandes centros urbanos (onde a concentração de CO_2 é influenciada pelas indústrias e automóveis) e de grandes florestas (onde a concentração de

8. a) O DDT chega aos oceanos, é incorporado pelos organismos do fitoplâncton e segue na cadeia alimentar: zooplâncton, peixes pequenos, peixes grandes e águia.

9. a) Nessa estação, muitas plantas perdem suas folhas, o que reduz a taxa fotossintética e, consequentemente, a captação de CO_2 da atmosfera.

CO_2 sofre variações intensas ao longo do dia de acordo com a taxa de fotossíntese das plantas).

Concentração de CO_2 na atmosfera (ppm): 310, 320, 330, 340, 350, 360, 370, 380
Ano: 1965, 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005
Variação anual: Jan, Abr, Jul, Out, Jan

Maps World/Arquivo da editora

Fonte: The Keeling Curve. Earthguide. Disponível em: <http://earthguide.ucsd.edu/eoc/special_topics/teach/sp_climate_change/p_keeling_curve>. Acesso em: 26 abr. 2016.

Observe que existem variações sazonais na concentração de CO_2 atmosférico – maior no inverno e menor no verão. A explicação está no ciclo de muitas plantas, que perdem suas folhas no inverno, sendo o oposto observado no verão. No entanto, observe também que ao longo dos anos ocorreu um aumento expressivo no CO_2 atmosférico, independente das variações sazonais. Sabendo disso, responda:

a. Considerando as variações sazonais, por que o nível de CO_2 atmosférico aumenta durante o inverno?

b. Considerando o aumento progressivo do nível de CO_2 no ar, que fatores podem ser relacionados a este aumento? 9. b) Queima de combustíveis fósseis, queimadas, desmatamentos.

c. Qual é a relação entre o aumento nos níveis atmosféricos de CO_2 e o aquecimento global?

9. c) O gás carbônico é um gás de efeito estufa, ou seja, atua no aprisionamento de calor na atmosfera e se relaciona ao aquecimento global.

Ciência, Tecnologia e Sociedade

10. A fotografia abaixo mostra um mural feito pelo artista Nunca, na via Radial Leste-Oeste, em São Paulo, SP. Analise a imagem e depois responda às questões.

Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

a. Em sua opinião, o que a figura humana representa na imagem?

10. a) A imagem mostra dois efeitos de atividades humanas: desmatamento e poluição do ar.

10. b) O desmatamento e a emissão de gás carbônico pela queima de combustíveis fósseis estão relacionados ao aumento da temperatura do planeta, ou seja, ao fenômeno do aquecimento global.

10. c) Resposta pessoal. Exemplos de medidas sustentáveis: utilização de folhas de rascunho, sistemas eletrônicos em substituição ao papel para algumas tarefas, utilização de garrafinhas ou canecas duráveis, que os estudantes podem lavar e reutilizar várias vezes por dia, durante muito tempo.

b. Estabeleça uma relação entre o mural e o ciclo do carbono.

c. Reúna-se com um colega e juntos criem uma forma de expressão que transmita a mensagem do que podemos fazer para reduzir o aquecimento global.

Questões do Enem e de vestibulares

11. (Enem-2004) Por que o nível dos mares não sobe, mesmo recebendo continuamente as águas dos rios?

Essa questão já foi formulada por sábios da Grécia antiga. Hoje responderíamos que:

a. a evaporação da água dos oceanos e o deslocamento do vapor e das nuvens compensam as águas dos rios que deságuam no mar. 11. a

b. a formação de geleiras com água dos oceanos, nos polos, contrabalança as águas dos rios que deságuam no mar.

c. as águas dos rios provocam as marés, que as transferem para outras regiões mais rasas, durante a vazante.

d. o volume de água dos rios é insignificante para os oceanos e a água doce diminui de volume ao receber sal marinho.

e. as águas dos rios afundam no mar devido a sua maior densidade, onde são comprimidas pela enorme pressão resultante da coluna de água.

12. (Enem-2013) Sabe-se que o aumento da concentração de gases como CO_2, CH_4 e N_2O na atmosfera é um dos fatores responsáveis pelo agravamento do efeito estufa. A agricultura é uma das atividades humanas que pode contribuir tanto para a emissão quanto para o sequestro desses gases, dependendo do manejo da matéria orgânica do solo.

ROSA, A. H.; COELHO, J. C. R. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*. SP, n. 5, nov. 2003 (adaptado).

De que maneira as práticas agrícolas podem ajudar a minimizar o agravamento do efeito estufa?

a. Evitando a rotação de culturas.

b. Liberando o CO_2 presente no solo.

c. Aumentando a quantidade de matéria orgânica do solo. 12. c

d. Queimando a matéria orgânica que se deposita no solo.

e. Atenuando a concentração de resíduos vegetais do solo.

13. (Enem-2015) O nitrogênio é essencial para a vida e o maior reservatório global desse elemento, na forma de N_2 é a atmosfera. Os principais responsáveis por sua incorporação na matéria orgânica são microrganismos fixadores de N_2 que ocorrem de forma livre ou simbiontes com plantas.

ADUAN, R. E. et al. *Os grandes ciclos biogeoquímicos do planeta*. Planaltina: Embrapa, 2004 (adaptado).

Animais garantem suas necessidades metabólicas desse elemento pela:

a. absorção do gás nitrogênio pela respiração.

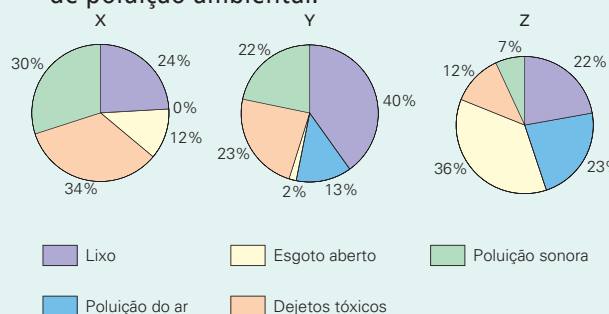
b. ingestão de moléculas de carboidratos vegetais.

c. incorporação de nitritos dissolvidos na água consumida.

d. transferência da matéria orgânica pelas cadeias tróficas. 13. d

e. protocooperação com microrganismos fixadores de nitrogênio.

14. (Enem-2005) Moradores de três cidades, aqui chamadas de X, Y e Z, foram indagados quanto aos tipos de poluição que mais afligiam as suas áreas urbanas. Nos gráficos a seguir estão representadas as porcentagens de reclamações sobre cada tipo de poluição ambiental.

Equipe NATH/Arquivo da editora

Considerando a queixa principal dos cidadãos de cada cidade, a primeira medida de combate à poluição em cada uma delas seria, respectivamente:

	X	Y	Z
a.	Manejamento de lixo	Esgotamento sanitário	Controle de emissão de gases
b.	Controle de despejo industrial	Manejamento de lixo	Controle de emissão de gases
c.	Manejamento de lixo	Esgotamento sanitário	Controle de despejo industrial
d.	Controle de emissão de gases	Controle de despejo industrial	Esgotamento sanitário
e.	Controle de despejo industrial	Manejamento de lixo	Esgotamento sanitário

14. e

DIVULGAÇÃO PNLD

capítulo 4 Ecossistemas e biomas

COMENTÁRIOS GERAIS

1 Introdução

Já comentamos anteriormente que os ecossistemas correspondem ao conjunto de comunidades que interagem entre si e com os fatores abióticos do meio, em uma determinada área e em um mesmo intervalo de tempo. Em um ecossistema existem um fluxo de energia e os ciclos da matéria, como vimos no capítulo anterior.

Um conjunto de ecossistemas, por sua vez, pode caracterizar um **bioma**. Os biomas são formados por ecossistemas que interagem fortemente entre si e compartilham determinadas características gerais, como as condições macroclimáticas e a vegetação predominante. Os biomas geralmente têm grandes extensões, de milhares de quilômetros quadrados.

A Caatinga é um exemplo de bioma, que ocupa uma extensão de mais de 840 000 km^2 no Nordeste do Brasil. Nesse bioma ocorrem diversos ecossistemas, todos eles expostos ao ciclo climático determinado por temperaturas elevadas, uma estação seca prolongada e uma estação chuvosa que dura poucos meses. A vegetação típica é composta por plantas que apresentam adaptações à seca.

Entre as espécies que habitam uma determinada área, estão aquelas que só existem ali, sendo denominadas **espécies endêmicas**. Diversas espécies da Caatinga, por exemplo, são encontradas apenas naquele bioma. O conceito ecológico de **endemismo** se relaciona à evolução dessas espécies, com elevado grau de adaptações ao conjunto único de fatores de um ambiente. Em outro local, com condições ambientais ligeiramente distintas, a espécie não sobreviveria. Situação inversa é a das **espécies cosmopolitas**, cuja distribuição geográfica é ampla e sua capacidade de sobrevivência em diferentes ambientes é elevada.

A definição de bioma não é consenso entre cientistas. Um dos conceitos mais aceitos atualmente considera bioma um conjunto de tipos de vegetação identificáveis em escala regional, determinados por condições geoclimáticas e pelo histórico compartilhado de mudanças na região, e que apresenta uma diversidade biológica própria. Existem cientistas que não utilizam conceito de bioma para ecossistemas aquáticos, pois não podem ser caracterizados por tipo de vegetação.

Vamos analisar mais adiante, neste capítulo, alguns dos principais ecossistemas aquáticos e os biomas que ocorrem no território brasileiro.

ATENÇÃO

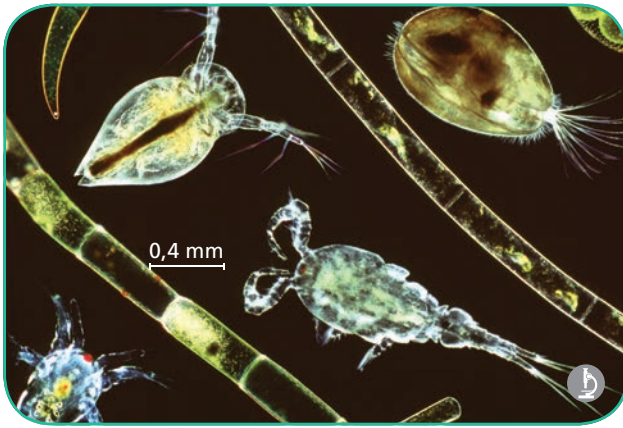
No Ensino Médio, **ecossistemas** e **biomas** também são conceitos estudados na área de Geografia, que busca essencialmente compreender as interações entre o espaço ou ambiente e as populações humanas. Características de um determinado ecossistema (como sua temperatura média, os tipos de animais e plantas que ali ocorrem ou a ocorrência de rios, por exemplo) afetam o modo como uma população humana ocupa esse espaço. Por outro lado, o estabelecimento de populações humanas em uma área traz modificações à paisagem.

Carlos Jared/Acervo do fotógrafo

> Essa **perereca** (*Phyllomedusa nordestina*) é endêmica da Caatinga. Ela mede cerca de 5 cm de comprimento.

O termo fitoplâncton (*fito* = plantas) refere-se às algas microscópicas que, como as plantas, são clorofiladas e realizam fotossíntese. O termo zooplâncton (*zoo* = animais) refere-se aos pequenos animais e protozoários, que são seres heterótrofos.

Laguna Design/SPL/Latinstock

0,4 mm

Organismos do **plâncton** marinho: microcrustáceos e algas filamentosas. Rios e lagos também possuem plâncton.

PENSE E RESPONDA

Consulte o glossário etimológico e explique, em seu caderno, o significado dos termos **fitoplâncton** e **zooplâncton**.

AGE Fotostock/Grupo Keystone

Cardume fotografado no oceano Índico. Peixes como estes, que se movem ativamente, fazem parte do **nécton**. Os peixes da foto medem cerca de 25 cm de comprimento.

ATENÇÃO

Substrato é qualquer sedimento ou superfície na qual seres vivos se apoiam ou crescem. O fundo de um rio, por exemplo, pode ser arenoso ou rochoso. A areia e a rocha são dois tipos de substrato.

Artur Keunecke/Pulsar Imagens

O lagostim de água doce é um exemplo de **organismo bentônico**. Vive junto ao substrato de rios e represas, alimentando-se de plantas e restos de animais. A espécie da foto pode atingir 18 cm de comprimento.

2 Ecossistemas aquáticos

Eles estão representados pelos oceanos, rios e lagos. Nesses ambientes os seres vivos são considerados em três grandes categorias: o plâncton, o nécton e os bentos.

O **plâncton** corresponde ao conjunto de organismos que vivem em suspensão na coluna de água. A imensa maioria dos seres planctônicos é microscópica; esses seres não apresentam locomoção ativa, isto é, são carregados passivamente pelas correntezas. São exemplos de seres planctônicos algas unicelulares, protozoários, pequenos crustáceos, entre muitos outros.

O plâncton é composto por organismos clorofilados (algas), que são chamados coletivamente de **fitoplâncton**, e por organismos heterótrofos (protozoários e pequenos animais), que constituem o **zooplâncton**. Os organismos que compõem o zooplâncton apresentam movimentos e se deslocam na coluna de água, mas não conseguem vencer a força das marés e correntes, sendo carregados por elas.

O **nécton** compreende os animais que se deslocam ativamente na coluna de água, não sendo apenas passivamente carregados por correntes e marés. É o caso da maioria dos peixes e dos mamíferos aquáticos como botos (de água doce), golfinhos e baleias (marinhos).

Os organismos que vivem em contato com o substrato constituem os **bentos**. Existem organismos bentônicos que são sésseis (fixos), como é o caso dos corais, das algas macroscópicas e das plantas aquáticas como a vitória-régia. Há também os seres bentônicos que se deslocam livremente sobre o substrato, sendo chamados vágeis ou móveis; é o caso do caranguejo, da estrela-do-mar e do lagostim.

‹2.1› Oceanos

Os **oceanos** podem ser considerados o maior ecossistema da Terra, pois cerca de 70% da superfície do planeta está coberta por eles, como você pode observar no gráfico ao lado.

Áreas da superfície terrestre correspondentes aos oceanos, fontes de água doce e terra, em porcentagens (%) aproximadas

Alexandre Affonso/Arquivo da editora

Fonte: TEIXEIRA, W. et al. *Decifrando a Terra.* 2. ed. Companhia Editora Nacional, 2009, p. 186.

Os oceanos são responsáveis pela liberação de grande quantidade de gás oxigênio para a atmosfera, devido à atividade fotossintética do fitoplâncton marinho. Estudos científicos têm comprovado que, nos oceanos, o balanço entre a produção de matéria orgânica e oxigênio pela fotossíntese (F) e o consumo pela respiração (R) tem o resultado: F > R. Apesar de F ser apenas ligeiramente maior que R, isso equivale, em termos absolutos, à liberação de toneladas de gás oxigênio na água e no ar. A produção de gás oxigênio é intensa tanto em alto-mar quanto nas regiões costeiras, onde há grande concentração de nutrientes provenientes dos rios, o que propicia o desenvolvimento de algas, especialmente as unicelulares.

Uma noção comum é a de que a relação F > R ocorreria nas regiões próximas à costa, e não em mar aberto, no meio dos oceanos. No entanto, há pesquisas relatando que essa relação se observa também em mar aberto, como: WILLIAMS, P. J. LeB. The balance of plankton respiration and photosynthesis in the open oceans. *Nature* v. 394, 2 jul. 1998, p. 55-57. Disponível em: <http://www.nature.com/nature/journal/v394/n6688/full/394055a0.html>. Acesso em: 09 jan. 2016.

A fotossíntese depende da luz e assim, nos oceanos, esse processo depende da penetração da luz na água. Em regiões de águas claras, a luz penetra até cerca de 200 m de profundidade enquanto em águas turvas essa penetração é menor. A região dos oceanos que recebe luz é denominada zona **fótica**. A zona dos oceanos que não recebe luz é denominada **afótica**.

Na região fótica (*foto* = luz), os produtores fotossintetizantes sustentam a diversidade biológica, enquanto que na região afótica (*a* = prefixo de negação; *foto* = luz) a base das cadeias alimentares são os detritos, falando-se em cadeia alimentar detritívora. Nesses casos, ocorre uma verdadeira "chuva de detritos": organismos que morrem nas camadas superiores da coluna de água vão sendo decompostos à medida que afundam e esses detritos são aproveitados pelos primeiros elos da teia alimentar.

Richard Carey/Dreamstime

NOAA Ocean Explorer

Compare as duas fotos de regiões marinhas. À esquerda, está um recife de coral, localizado em águas claras e pouco profundas, rodeado de peixes. Os corais vivem na **zona fótica** dos oceanos. À direita, está um peixe abissal, que vive na **zona afótica** dos oceanos, a cerca de 4000 m de profundidade.

Ralph White/Corbis/Latinstock

Exceção à teia alimentar detritívora nas zonas afóticas dos oceanos são os ambientes especiais descobertos em 1977: as **fontes termais submarinas**. Elas se localizam entre 2 000 e 4 000 m de profundidade e são chamadas termais porque há liberação de água aquecida vinda de fendas no assoalho marinho. A água que sai das fendas também é rica em compostos de enxofre, como o ácido sulfídrico (H_2S), que são utilizados por bactérias quimiossintetizantes na síntese de matéria orgânica.

Nas fontes termais submarinas, portanto, os produtores do ecossistema são as bactérias quimiossintetizantes. Elas formam colônias ao redor das fendas por onde a água aquecida sai e sustentam uma rica comunidade de animais. Entre esses animais estão vermes tubícolas, mostrados na foto ao lado. Eles constroem um tubo rígido ao redor do seu corpo. No interior do corpo, vivem bactérias quimiossintetizantes, que lhe fornecem parte da matéria orgânica que produzem. Esses vermes não possuem sequer sistema digestório, dependendo totalmente do alimento produzido pelas bactérias.

Vermes tubícolas encontrados em fonte termal submarina, em profundidade que varia entre 2 000 m e 4 000 m. Cada verme possui cerca de 1 m de comprimento.

A zona costeira do Brasil

Segundo o IBGE, o Brasil possui um litoral com 7 367 km de extensão, voltado para o oceano Atlântico. O Decreto nº 5 300/2004 define a zona costeira brasileira como “um espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e uma faixa terrestre”.

Nesse território há grande diversidade de ambientes: manguezais, recifes de coral, dunas, restingas, estuários, costões rochosos e praias arenosas. Há regiões de águas frias e regiões de águas quentes; no mar, as profundidades variam até 4 mil metros. A variedade de ambientes se relaciona à grande diversidade de seres vivos marinhos, muitos deles encontrados apenas no litoral brasileiro.

Reprodução/MMA

Sobre a imagem de satélite, está indicada pela linha azul a **zona costeira do Brasil**, que vai da foz do rio Oiapoque (AM) ao Chuí (RS). A área está sob proteção da Marinha do Brasil e do Ministério do Meio Ambiente.

Além da biodiversidade, cerca de 25% da população brasileira vive nas cidade litorâneas, espalhadas pelos 17 Estados que possuem litoral. Fazem parte dessa população as comunidades tradicionais de pescadores, os caiçaras e diversas nações indígenas. Essas comunidades possuem culturas interligadas ao mar e beneficiam-se do uso sustentável dos recursos naturais do litoral. A pesca predatória e a devastação de ecossistemas costeiros para a instalação de casas e hotéis são grandes ameaças ao nosso litoral.

A Constituição de nosso país define a zona costeira como “patrimônio nacional”, que deve ser preservado e, por isso, precisa de gerenciamento especial quanto à ocupação humana e ao uso de seus recursos naturais (parágrafo 4º do artigo 225, 1988). O compromisso também é ressaltado na Lei nº 7 661, de 16 de maio de 1988, que instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) como parte da Política Nacional do Meio Ambiente. Além das ações governamentais, cabe a todos nós lutar pela preservação de nosso extenso e diversificado litoral, para que as futuras gerações de brasileiros tenham acesso à esse patrimônio.

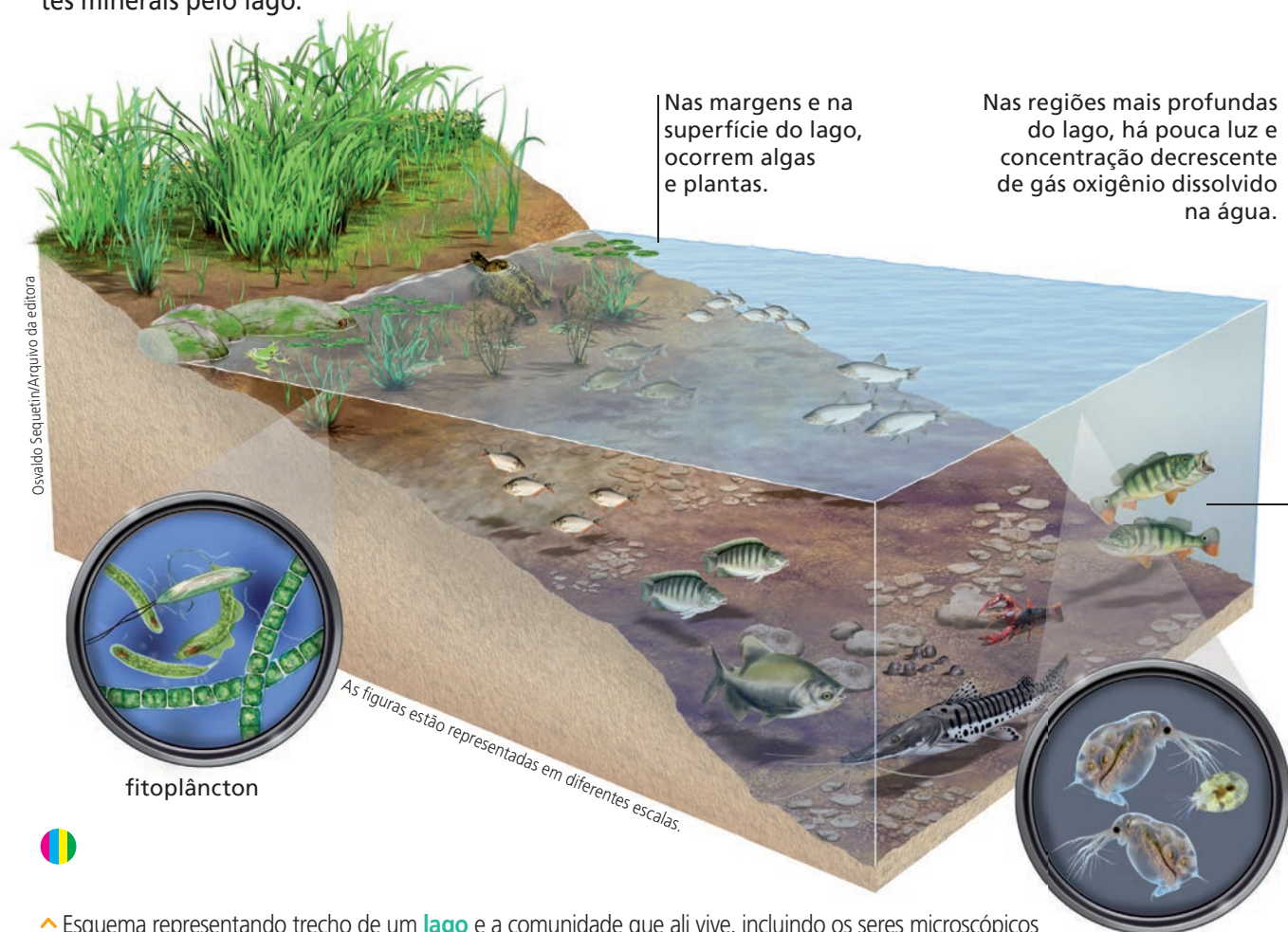
Fontes:
INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE *Teen*. Posição e Extensão. Disponível em: <http://teen.ibge.gov.br/mao-na-roda/posicao-e-extensao.html>.
MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Gerenciamento Costeiro no Brasil. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro>.
MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Zona Costeira e Marinha. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/zona-costeira-e-marinha>.
Acessos em: 09 jan. 2016.

‹2.2› Ecossistemas de água doce

Assim como acontece nos oceanos, há plâncton, nécton e bentos nos **rios** e nos **lagos**. A quantidade de plâncton nas águas dos rios geralmente é menor que a encontrada nos lagos, pois nos rios a água está em constante movimento. Por outro lado, essa movimentação aumenta o nível de gás oxigênio dissolvido na água.

Em lagos profundos, há a tendência de redução do nível de oxigênio dissolvido na água à medida que a profundidade aumenta. Isso porque os organismos que vão morrendo e afundando sofrem a ação dos seres decompositores do lago, que consomem oxigênio na sua atividade. A superfície de um lago pode ser pobre em nutrientes, já que eles tendem a afundar, enquanto as camadas inferiores podem ser pobres em oxigênio devido à atividade de decomposição.

Nas regiões tropicais, é comum que o vento promova certa movimentação da água dos lagos, diminuindo a diferença entre as camadas inferiores e superficiais em termos de nutrientes e gás oxigênio.

Nos lagos de regiões temperadas, ocorre um fenômeno de movimentação da água que é auxiliado pelos ventos e provocado pela diferença na temperatura e densidade da água da superfície e do fundo em certas épocas do ano. Na primavera e no outono, a água da superfície afunda ao mesmo tempo em que a água do fundo sobe. Esse fenômeno promove a distribuição do oxigênio e de nutrientes minerais pelo lago.

Esquema representando trecho de um **lago** e a comunidade que ali vive, incluindo os seres microscópicos do fitoplâncton e zooplâncton. Fatores como a oxigenação da água, salinidade e profundidade de penetração de luz influenciam a ocorrência dos seres vivos em determinadas regiões do lago.

Para cuidar das águas de cada localidade, foram instituídos os Comitês de Bacias Hidrográficas, reunindo representantes do governo, de ONGs e da sociedade civil. A partir deles são elaborados projetos visando atender, em curto e longo prazos, os desejos e as necessidades da população, além de garantir a preservação dos recursos hídricos. Para saber mais, acesse o site: <http://www.cbh.gov.br/GestaoComites.aspx>. Acesso em: 26 abr. 2016.

João Prudente/Pulsar Imagens

Mata ciliar em Ribeirão do Facão, Minas Gerais.

Os rios, por sua vez, possuem características distintas. A **nascente** é a origem de um rio, e pode ser formada a partir do derretimento do gelo de uma alta montanha ou a partir da abertura, na superfície, de um reservatório subterrâneo de água. Da nascente, a água escorre formando o leito do rio, que aumenta na medida em que riachos de outras nascentes convergem para o mesmo leito. Existem áreas de corredeiras e de quedas d'água (cachoeiras). A **foz** de um rio é a área em que ele desemboca no mar.

Um ecossistema de água doce interage fortemente com o ambiente terrestre que compõe suas margens. Um exemplo são as **matas ciliares**, que ocorrem às margens de rios, mesmo em regiões onde predominam vegetações mais abertas. A umidade do solo e a quantidade de nutrientes nas margens são condições que favorecem o crescimento de árvores, formando a mata. Por sua vez, a vegetação densa da mata ciliar protege as margens da erosão pelo vento e pelas chuvas, e reduz a taxa de evaporação da água do rio por causa do sombreamento. Muitos animais, tanto terrestres quanto aquáticos, vivem nas áreas de mata ciliar.

Os rios e suas margens estão ecologicamente conectados; quando um desses ambientes sofre alterações, o outro também é afetado. Essa relação fica evidente nos trechos de mata ciliar. A retirada de uma mata ciliar altera as características do rio e pode levar ao seu desaparecimento. A evaporação da água do rio aumenta, o ambiente se torna mais seco devido à perda de vegetação, os ventos e a chuva empurram sedimentos do solo exposto para o leito do rio, que se torna cada vez mais raso e lento.

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

Que tal uma visita à zona úmida mais próxima da escola? O professor e a direção da escola podem organizar este estudo do meio, em que você e seus colegas observarão as características do corpo d'água, seus habitantes e seu estado de conservação. Se possível, registre em fotos ou desenhos os aspectos que mais chamarem sua atenção. De volta à escola, busquem informações sobre a importância ecológica e socioeconômica da área visitada. Com os dados obtidos pela turma, produzam panfletos para serem distribuídos à comunidade, explicando a importância de conservar a área.

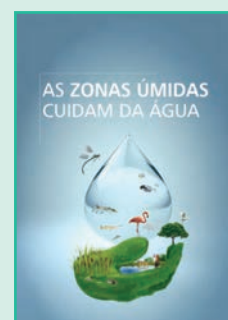
A proteção das zonas úmidas

As zonas úmidas incluem os rios, os lagos, os pântanos, os mares rasos (até 6 m de profundidade) e também fontes artificiais de água como açudes e represas. Como vimos anteriormente, o Brasil possui um extenso litoral e 13,7% de toda a água doce do planeta.

Essas áreas promovem a recarga dos reservatórios subterrâneos de água, controlam inundações, promovem o aumento da umidade do ar e do índice de chuvas. Elas garantem também a pesca tradicional e a irrigação de lavouras, entre muitos outros usos pelo ser humano. Desse modo, as zonas úmidas possuem inestimável valor ecológico, socioeconômico, cultural e científico, e sua perda seria desastrosa.

A Convenção sobre as Zonas Úmidas é um tratado intergovernamental de vigência indeterminada, estabelecido em 1971, na cidade de Ramsar, no Irã . Até dezembro de 2013, haviam assinado o acordo 168 países, entre eles o Brasil, que assinou em 1996. Trata-se de um compromisso em preservar as zonas úmidas e promover o uso sustentável dos recursos naturais dessas áreas.

Para que as futuras gerações tenham acesso à água doce, os países signatários da Convenção de Ramsar devem planejar e executar ações de gestão da água e de conservação ambiental. Como forma de conscientizar as pessoas sobre o tema, foi escolhido o dia 2 de fevereiro como o Dia Mundial das Zonas Úmidas. Saiba mais sobre a importância das zonas úmidas lendo a cartilha que utilizamos como fonte para este texto (reprodução da capa ao lado).

Reprodução/MMA

Fonte:

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; THE RAMSAR CONVENTION ON WETLANDS; UNESCO. As zonas úmidas cuidam da água. 2014. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80191/Revista%202014%20ano%202013%20corrigida.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2016.

Veja na parte geral do Manual sugestões para organizar um estudo do meio. Esta atividade pode ser realizada em conjunto com o professor de Geografia.

Veja comentários no Manual a respeito do conceito de bioma e uma das propostas de classificação mais utilizadas para distinguir os biomas do mundo.

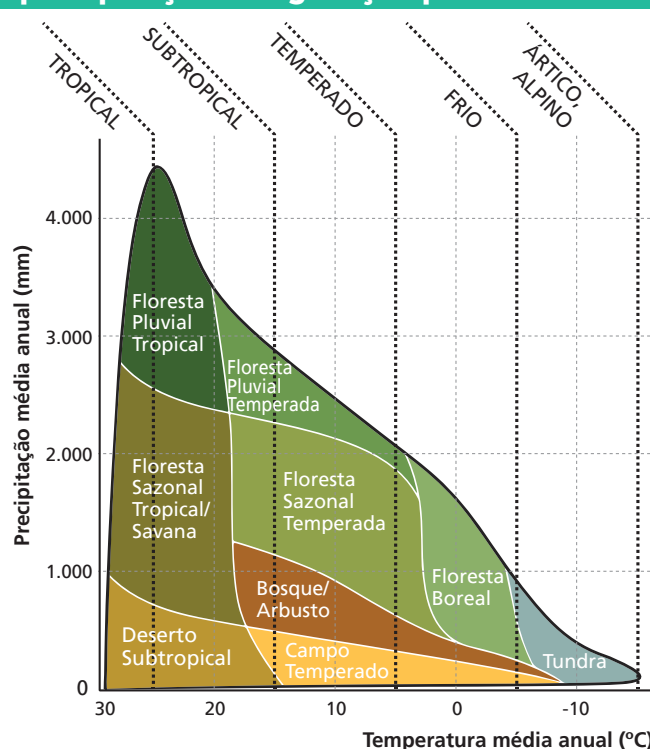
3 Biomas

No ambiente terrestre os ecossistemas sofrem influência, principalmente, de fatores climáticos, como temperatura do ar e quantidade de chuva (precipitação), o que determina as grandes formações vegetais e as comunidades animais adaptadas a essas condições.

O gráfico ao lado mostra os principais domínios de vegetação considerando os fatores abióticos mencionados.

O clima de uma região é influenciado por sua localização no globo terrestre. As zonas tropicais são as que recebem a radiação solar mais diretamente, apresentando clima predominantemente quente.

Nas áreas tropicais e subtropicais, com temperaturas médias entre 20 °C e 30 °C, a vegetação varia de floresta úmida tropical a deserto, dependendo do índice de chuvas. Na região temperada, verifica-se padrão semelhante, porém as florestas são do tipo temperada úmida e os desertos podem ser muito frios mesmo durante o dia. Climas intermediários sustentam dois tipos principais de vegetação: florestas em que algumas ou todas as árvores perdem suas folhas na estação seca ou florestas com árvores pequenas e com espinhos. Nos climas frios e secos, em que as temperaturas anuais estão abaixo de -5 °C, ocorre a tundra, onde a vegetação é rasteira.

Relação entre temperatura, precipitação e vegetação predominante

Fonte: RICKLEFS, R. B. *A economia da natureza*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010, p. 81.

Gustavo Moore/Arquivo da editora

Apesar da influência do clima na determinação dos grandes domínios vegetais, existem formações descontínuas cujo aparecimento depende de fatores climáticos regionais, da altitude ou de fatores relacionados com o tipo de solo (fatores edáficos), impondo uma vegetação diferente da que é predominante. Um exemplo é o do Monte Kilimanjaro, na Tanzânia. Localizado na zona tropical, próximo à linha do Equador, este vulcão extinto possui pico coberto de neve e rodeado por vegetação diferente da savana africana que predomina na região. A elevada altitude é que determina, neste caso, as condições climáticas, a flora e a fauna distintas no Monte Kilimanjaro.

Andrzej Kubik/Shutterstock

Paisagem da savana em planície da Tanzânia e, ao fundo, o **Monte Kilimanjaro**, com pico de aproximadamente 5 900 m.

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

Como são os biomas do mundo? Busquem orientações dos professores de Biologia e de Geografia para fazer uma pesquisa com esse tema. Vocês vão perceber que existem diferentes propostas de classificação dos biomas. Escolham uma delas e representem a localização dos biomas em um mapa do mundo. Em seguida, aprofundem a pesquisa sobre um dos biomas, combinando com as outras equipes para que cada uma estude um bioma diferente. Cada equipe pode apresentar um seminário com o tema.

Veja subsídios no Manual.

As grandes áreas onde existem ecossistemas com formações vegetais semelhantes, submetidas às mesmas condições gerais do clima, são chamadas **biomas**. A classificação dos ambientes continentais em biomas é uma ferramenta de estudo que auxilia os cientistas na tarefa de compreender a dinâmica dos ecossistemas em uma escala global.

Existem propostas diferentes para a classificação dos biomas no mundo, dependendo dos critérios escolhidos. Uma das mais consolidadas é a classificação em nove biomas, seguindo os tipos de vegetação predominante que apresentamos no gráfico da página anterior.

A floresta pluvial tropical, por exemplo, é um bioma típico da zona tropical, ocorrendo em áreas chuvosas e quentes. Existem muitas semelhanças entre as florestas desse tipo de bioma, mas cada uma possui um conjunto único de características e biodiversidade. Uma floresta da Mata Atlântica é muito diferente de uma floresta na Amazônia e de uma floresta tropical da Malásia, principalmente em termos de plantas e animais que ali ocorrem. O mesmo é válido para os outros biomas. Desse modo, vamos focar nosso estudo, a partir de agora, nas características dos biomas que ocorrem no Brasil.

4 Biomas no território brasileiro

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

Analisaremos, agora, a distribuição de biomas no Brasil. Assim como acontece com a classificação dos biomas no mundo, a definição de quais são os biomas brasileiros também é assunto controverso. De acordo com o que foi proposto pela cooperação assinada entre o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Ministério do Meio Ambiente em agosto de 2003, são seis os biomas brasileiros: Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga, Cerrado, Pampa e Pantanal. Veja a distribuição desses biomas no mapa abaixo.

Biomas no Brasil

Alexandre Bueno/Arquivo da editora

70°
30°
Equador
OCEANO ATLÂNTICO
Trópico de Capricórnio
N
Amazônia
Caatinga
Cerrado
Pantanal
Mata Atlântica
Pampa
[Escala no Equador]
0 630 1260 km
1 cm = 630 km

Fonte: IBGE. *Mapa de Biomas do Brasil*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>. Acesso em: 07 dez. 2015.

É importante mencionar que não existem limites rígidos e definidos entre um bioma e outro, e sim áreas de transição, que podem ter muitos quilômetros quadrados. Essas áreas de transição são formadas por ambientes únicos, muitas vezes compostos por espécies de plantas e animais que ocorrem nos biomas vizinhos.

Devemos também ter em mente que, mesmo dentro das grandes áreas mencionadas como sendo de um bioma, existem ecossistemas que surgem em função de fatores locais mais específicos.

MULTIMÍDIA

Reprodução

Ministério do Meio Ambiente – Biomas

<http://www.mma.gov.br/biomas>

Saiba mais sobre os biomas brasileiros e a biodiversidade de cada um neste *site*.

Acesso em: 20 jan. 2016.

‹4.1› Amazônia

A **Amazônia** cobre cerca de 49% do território brasileiro, como você pode observar no mapa apresentado anteriormente, distribuindo-se por nove estados: Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins. A Amazônia também abrange outros países da América do Sul: Peru, Colômbia, Venezuela, Guiana, Suriname, Guiana Francesa e Bolívia.

Grande parte desse bioma é ocupada pela Floresta Amazônica, que se caracteriza pelo aspecto denso de sua vegetação e pela rica diversidade de plantas e de animais.

A Amazônia abriga cerca de 20% de todas as espécies vivas do planeta. Dentre as plantas nativas podemos citar o cupuaçu, o guaraná, a seringueira, palmeiras como o açaí, o tucumã e o inajá, espécies de grande porte como a castanheira, a sumaúma e o angelim. Entre os animais podem-se citar preguiça-real, macaco-aranha (ou cuatá), macaco-prego, jacaré-açu, muitas espécies de peixes como o pirarucu e o poraquê (peixe-elétrico), e muitas espécies de insetos.

Os animais da Amazônia estão sofrendo com o desmatamento e com queimadas, provocados pela ação humana. A derrubada das árvores pode fazer com que a camada de matéria orgânica em decomposição (húmus) seja lavada pelas águas das constantes chuvas que caem na região.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Preguiça-real (*Choloepus didactylus*). Com cerca de 70 cm de comprimento, tem massa corpórea de 10 kg, aproximadamente.

Haroldo Palo Jr/Kino

Sumaúma (*Ceiba pentandra*). Conhecida como "o gigante da Amazônia", pode atingir 60 m de altura.

Haroldo Palo Jr/Kino

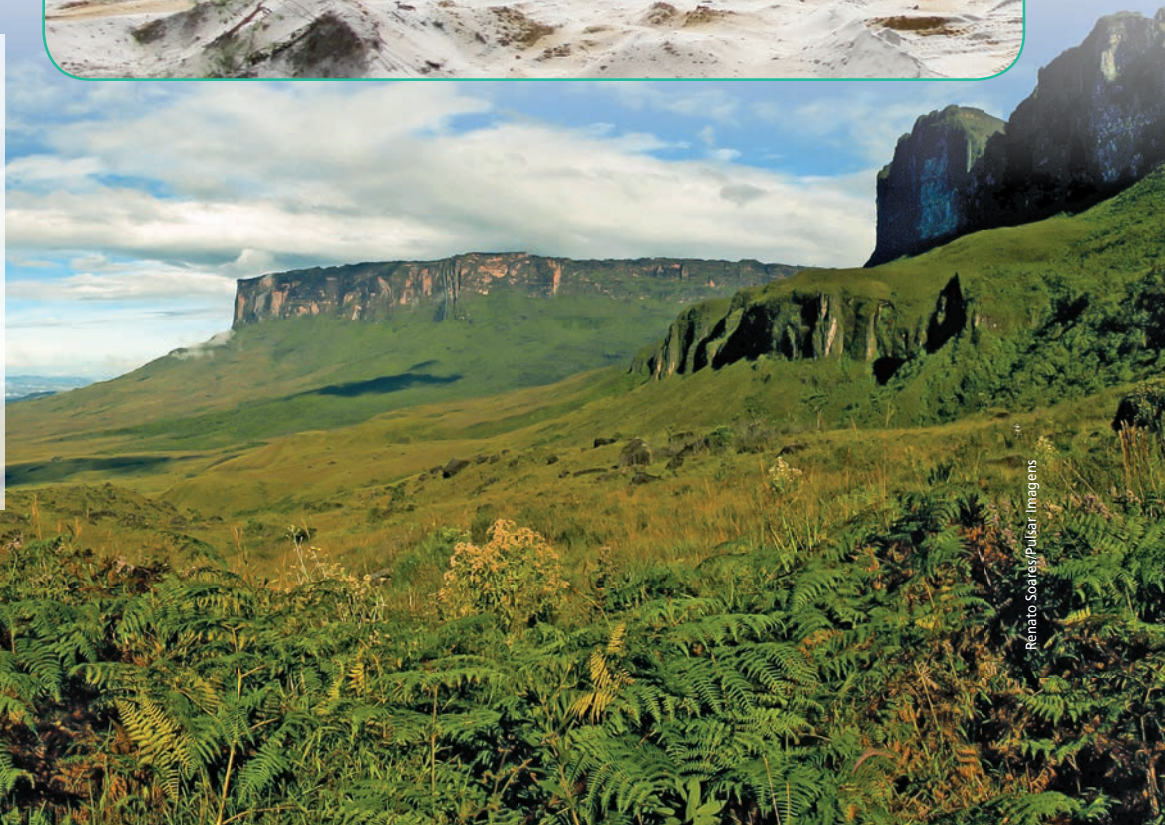
Paisagem da **Floresta Amazônica**. Observe a densa vegetação ao fundo e as folhas flutuantes de **vitória-régia**, que podem ultrapassar 2 m de diâmetro. Cada folha está presa ao caule por uma longa haste chamada pedicelo. O caule é enterrado no solo subaquático.

O solo é pouco profundo. As plantas obtêm nutrientes na camada de matéria orgânica que existe na superfície do solo, sendo rapidamente decomposta por ação de micro-organismos. Essa camada se forma com restos de plantas e de animais, tornando a reciclagem da matéria orgânica muito intensa. Cortada a vegetação nativa, não haveria reposição de detritos orgânicos. Pouco a pouco, o solo se tornaria nu e cada vez mais arenoso, e dificilmente a floresta voltaria a ser como é hoje.

Conforme comentamos anteriormente, um bioma abriga ambientes diversos. Na Amazônia existem outros ambientes além da floresta que acabamos de descrever. A floresta inundada, conhecida como igapó, é um exemplo: formada por árvores que ficam parcialmente submersas na época da cheia dos rios, quando se formam riachos (igarapés) que invadem essa mata. No norte do Pará existem outros ambientes amazônicos bem diferentes da floresta tropical: a campina e a campinarana, formadas por vegetação rasteira endêmica e solo arenoso. Outro exemplo é o Monte Roraima, localizado na fronteira entre Brasil, Venezuela e Guiana. Com pico de aproximadamente 2 800 m de altitude, os arredores do monte possuem vegetação e fauna diferentes, adaptados à altitude mais elevada e ao solo rochoso.

Campina do Acará, no Pará, em região que sofreu extração de areia. O interesse econômico no solo arenoso deste ambiente está colocando a campina e as espécies que ali vivem em risco de extinção.

Leandro Ferreira/Museu Goeldi

Veja o **Monte Roraima**, mostrado ao fundo da foto. Observe a paisagem ao redor, composta por vegetação rasteira, muito diferente da floresta tropical que caracteriza a maior parte dos ecossistemas terrestres do bioma Amazônia.

Renato Soares/Pulsar Imagens

‹4.2› Mata Atlântica

A **Mata Atlântica** também é uma floresta tropical, estendendo-se desde o Rio Grande do Norte até a região Sul, cobrindo as serras e as planícies litorâneas. Esse ecossistema destaca-se pela diversidade de plantas e animais.

O pau-brasil, árvore de valor histórico para o nosso país, era abundante na região e hoje se encontra ameaçado de **extinção**. Toda a Mata Atlântica, aliás, sofre grande devastação desde os tempos da colonização do país; atualmente menos de 5% da área originalmente ocupada pela Mata está preservada. Além do pau-brasil, são característicos da Mata Atlântica o jacarandá, o jambo e o jatobá, e muitas espécies de orquídeas e bromélias.

A fauna é diversificada e também inclui representantes seriamente ameaçados de extinção devido ao desmatamento, como é o caso do mico-leão-dourado, do macaco-monocarvoeiro, da onça-pintada e das aves jacutinga e macuco. A araponga, ave endêmica que ganhou o apelido de "voz da Mata Atlântica" pelos estridentes chamados dos machos, também está na lista dos animais ameaçados. Alguns animais presentes na Mata Atlântica não são exclusivos do bioma, como é o caso da onça-pintada (*Panthera onca*), que ocorre na Amazônia e no Pantanal. No entanto, a Mata Atlântica possui elevado grau de endemismo, ou seja, ela abriga grande número de espécies endêmicas. Citamos exemplos de mamíferos e aves, mas nesse bioma também vivem muitas espécies de serpentes, lagartos, anfíbios (sapos e pererecas, especialmente), de muitos outros animais e de plantas que só ocorrem nesse bioma e, portanto, encontram-se ameaçadas de extinção.

MULTIMÍDIA

IBGE *Teen* – Fauna ameaçada de extermínio

Reprodução

<http://teen.ibge.gov.br/biblioteca/livros-on-line/fauna-ameacada-de-extincao.html>

Neste *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) voltado para o público jovem, pode-se achar uma lista de animais da fauna brasileira ameaçados de extinção. Você perceberá que há animais ameaçados em todos os biomas do Brasil.

Acesso em: 11 dez. 2016.

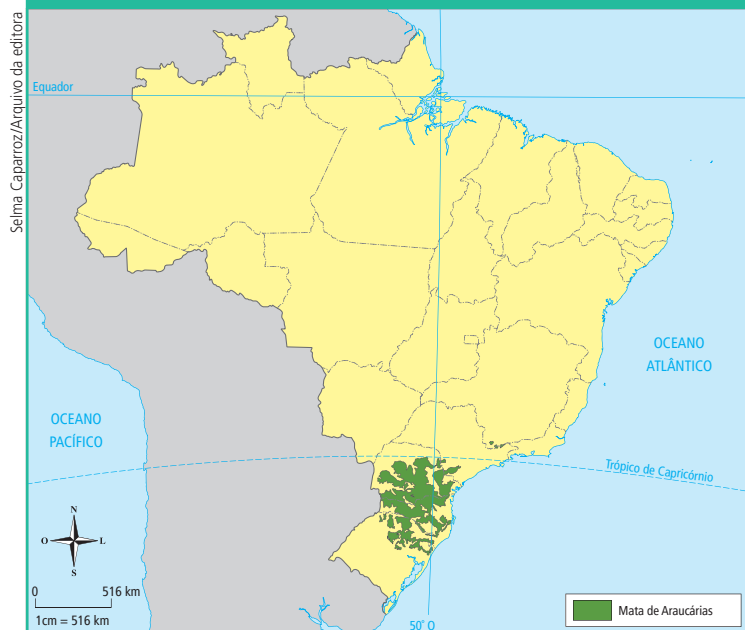
Haroldo Palo Jr/Kino

A **araponga** (*Procnias nudicollis*) é considerada a ave símbolo da Mata Atlântica. O macho possui penas brancas e canta com sons fortes, que lembram batidas de um martelo em uma bigorna. Seu nome popular vem do tupi: ave (*ara*) que ressoa (*ponga*). Mede cerca de 25 cm de comprimento.

Paisagem da **Mata Atlântica**, destacando-se a densa vegetação. A **bromélia** ou gravatá é uma planta que cresce sobre troncos e é abundante neste ecossistema.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Mata de Araucárias: um ecossistema especial da Mata Atlântica

Distribuição original da Mata de Araucárias

Selma Caparroz/Arquivo da editora

Fonte: IBGE. *Atlas geográfico escolar*. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/lei11428_mata_atlantica.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2015.

A **Mata de Araucárias** ocorre nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, principalmente no Paraná e em Santa Catarina, estendendo-se até São Paulo e Rio Grande do Sul. A planta predominante nessa mata é a araucária, mas também ocorrem outras árvores, como a canela, a erva-doce e a imbuia.

O pinhão, semente da araucária, é um importante alimento para alguns animais, como o serelepe, o tatu, a gralha-azul e a gralha-picaça.

A Mata de Araucárias tem sido intensamente devastada pelo ser humano, principalmente pela exploração excessiva da madeira, com reposição feita com outros tipos de pinheiro. Hoje está reduzida a menos de 2% da área que ocupava originalmente.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

A **gralha-azul** (*Cyanocorax caeruleus*), à esquerda, e a **gralha-picaça** (*Cyanocorax chrysops*), à direita, são aves conhecidas por "plantar o pinhão". Na verdade, a gralha transporta o pinhão (semente da araucária) de uma árvore para outra para se alimentar da semente; nesse transporte, muitas vezes a semente cai do bico da ave e, no solo da floresta, pode germinar. Essas aves, que medem cerca de 40 cm de comprimento, também ocorrem em outras áreas da Mata Atlântica.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Araucárias ou pinheiros-do-paraná (*Araucaria angustifolia*). Sua altura varia de 10 m a 35 m.

4.3 Caatinga

A **Caatinga** ocorre nos estados do Nordeste e no Norte de Minas Gerais. As chuvas ocorrem apenas nos poucos meses que constituem a estação chuvosa. Ao longo do ano, as temperaturas são elevadas, e ocorrem longos períodos de seca, próprios do clima semiárido.

Na época da seca, os galhos das árvores tornam-se esbranquiçados, o que provavelmente originou o nome “caatinga”, que em tupi significa “mato branco”.

Na breve época das chuvas, a paisagem esbranquiçada adquire outras cores: o verde e o multicolorido das flores que aparecem nesse período. São comuns na Caatinga os rios intermitentes, cujos leitos arenosos ficam expostos durante a seca (veja a foto abaixo).

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Paisagem da **Caatinga, na época da seca**. A maioria das plantas está sem as folhas; o solo e as rochas estão expostos.

Muitas plantas da Caatinga são típicas dos ambientes semiáridos. Diversas espécies possuem espinhos, especialmente as cactáceas como o xique-xique, o mandacaru e o facheiro. Esses espinhos correspondem a folhas reduzidas e essa característica constitui um mecanismo de proteção contra a perda de água das plantas nesse ambiente seco. Outra adaptação observada em plantas da Caatinga é a reserva de água em tecidos da planta, como ocorre nos cactos, no juazeiro, na aroeira e na maniçoba.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Aroeira é o nome popular com o qual são designadas ao menos três espécies de plantas. A da foto é da espécie *Myracrodruon urundeuva*, conhecida popularmente por aroeira-do-campo e aroeira-do--sertão. Chega a medir cerca de 14 m de altura, podendo atingir 25 m em solos mais férteis. Sua madeira é muito densa e afunda na água, o que é uma exceção entre os diferentes tipos de madeira.

Veja no Manual comentário a respeito desta seção *Curiosidade*.

CURIOSIDADE

O termo tupi ***caa*** significa “mato”. Ele deu origem a outras palavras além de Caatinga. A palavra capim, por exemplo, vem de *caa* + *pi*, que significa “mato fino”.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Paisagem da **Caatinga na época chuvosa**. Na época das chuvas, as plantas ficam cheias de folhas e a paisagem rapidamente se torna verde. A fotografia acima e esta são da mesma região.

Resposta pessoal. Sugerimos que, como parte da atividade, os alunos identifiquem onde se localiza a região onde moram no mapa de biomas apresentado na página 92. A região pode estar dentro de um bioma ou em uma área de transição. Esta atividade pode ser feita em conjunto com as disciplinas de Geografia e História, para análise mais aprofundada do local. Veja orientações no Manual.

Haroldo Palo Jr/Kino

A **ararinha-azul** (*Cyanopsitta spixii*) está considerada extinta na natureza. Existem algumas em cativeiros especiais, em condições de procriação, na expectativa de reorganização de sua população na natureza. Mede de 50 a 60 cm de comprimento.

Mais de mil espécies de plantas já foram identificadas neste bioma e estima-se que 40% delas sejam endêmicas.

Assim como a flora, a fauna da Caatinga é muito rica em espécies, várias delas endêmicas. Alguns representantes são os pássaros corrupião, carcará, ararinha-azul (considerada extinta na natureza), o cardeal-do-nordeste, a raposa-da-caatinga, a serpente cascavel e diversas espécies de sapos e pererecas, que se escondem nos locais de maior umidade durante a seca.

Estima-se que grande parte da biodiversidade da Caatinga esteja ameaçada de extinção devido à degradação do bioma. O principal fator de degradação é o uso inadequado do solo para agricultura e pecuária, que causa o desmatamento e a contaminação do solo e da água por agrotóxicos.

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

Com dois colegas, busquem informações a respeito da região onde vocês moram: como era antes da instalação da cidade? Quando as populações humanas se estabeleceram na região? Quais foram as principais transformações no ambiente e quais características do bioma original ainda estão presentes? Com os dados obtidos, montem um painel e uma linha do tempo mostrando as transformações sofridas em sua região.

Mata dos Cocais: região de transição entre Amazônia e Caatinga

Localização da Mata dos Cocais

Selma Caparroz/Arquivo da editora

Fonte: WWF-Brasil. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomas/bioma_transicao/>. Acesso em: 07 dez. 2015.

A **Mata dos Cocais** é formada principalmente pelo babaçu, pelo buriti, pela carnaúba e por algumas outras palmeiras. Está localizada em áreas do Maranhão, do Piauí e do Rio Grande do Norte. Essa região não é considerada um bioma, mas sim uma área de transição entre os biomas Amazônia e Caatinga.

Paisagem da **Mata dos Cocais** fotografada no Piauí. As grandes palmeiras são **carnaúbas**, que medem cerca de 12 m de altura.

Marco Antonio Sá/Kino

‹4.4› Cerrado

O **Cerrado** ocorre principalmente na região de Tocantins, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Minas Gerais. Existem também áreas de Cerrado no Amazonas, em São Paulo, no Paraná, na Paraíba, na Bahia e em Pernambuco. Esse bioma caracteriza-se pelo clima quente, com estação seca rigorosa correspondente ao inverno, embora chova bastante em certas épocas do ano.

A vegetação varia de um lugar para outro, ocorrendo desde plantas rasteiras até árvores, geralmente não muito altas, com aspecto típico: caules retorcidos e casca grossa.

O Cerrado está submetido, há dezenas de milhares de anos, ao fogo, um importante fator ecológico no bioma, ocorrendo geralmente nos períodos secos. Entre suas causas naturais estão os raios, que causam queimadas na vegetação seca que se acumula sobre o solo. O fogo regula a floração e a germinação de sementes de muitas espécies de plantas desse bioma. A casca grossa das árvores pode ser considerada uma adaptação ao fogo, assim como os caules subterrâneos, também comuns em plantas da região.

Apesar de importante fator natural, o fogo também é provocado pela ação humana. Neste caso, pode atingir proporções preocupantes, motivo pelo qual precisa ser evitado. Além disso, a frequência das queimadas causadas pelo ser humano dificulta a regeneração do ambiente e compromete a fauna, ameaçando a sobrevivência de populações de animais.

Muitas plantas nativas do Cerrado possuem raízes profundas e conseguem retirar água de lençóis subterrâneos, superando, assim, a falta de água na região superficial do solo, própria da estação seca.

Alguns representantes da flora do Cerrado são o araçá, o murici, o indaiá, a gabiroba, o pau-terra e o capim-flecha, que pega fogo com facilidade.

Entre os representantes da fauna podemos citar a ema, que é a maior ave das Américas, a seriema, o tamanduá-bandeira, o veado-campeiro e o lobo-guará. O Cerrado também é um ecossistema seriamente ameaçado pela devastação, e as queimadas são cada vez mais frequentes, causadas, como você já sabe, não apenas por fatores naturais, mas também provocadas, com ou sem intenção, pelo ser humano. Com a destruição desse ambiente, muitas espécies que só existem ali correm risco de extinção.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Paisagem de **Cerrado**. Observe as árvores com galhos tortuosos, comuns nesse ecossistema. Esse tipo de paisagem é conhecida como cerrado propriamente dito.

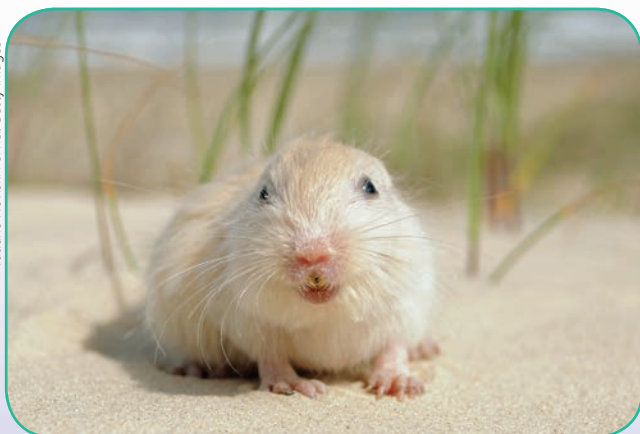
Luciano Candisani/Acervo do fotógrafo

Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), caminhando em região do Cerrado onde predomina a vegetação rasteira, conhecida como campo limpo. O tamanduá-bandeira mede até 2 m de comprimento.

De acordo com o *site* WikiAves, as emas são classificadas como sendo da mesma espécie, *Rhea americana*, havendo distinção de subespécies. A subespécie *R. americana intermedia* ocorre no Pampa e tem porte menor do que a ema do Cerrado (*R. americana americana*). Disponível em: <http://www.wikiaves.com.br/ema>. Acesso em: 11 jan. 2016.

Gerson Gerloff/Pulsar Imagens

As **emas** (*Rhea americana*) são aves presentes nos Pampas. Medem cerca de 1,20 m de altura. Elas foram fotografadas em meio a um campo de flechilhas, um capim nativo do bioma.

Tatiane Noviski Fornel/Getty Images

O **tuco-tuco** (*Ctenomys flamarioni*) é um mamífero roedor nativo do bioma Pampa, que mede cerca de 25 cm de comprimento. Passa a maior parte do tempo em tocas e túneis que cava no solo, de onde sai para se alimentar de gramíneas. Há diversas espécies de tuco-tuco no Pampa, ameaçadas de extinção pelo avanço da agricultura e plantio de eucaliptos.

4.5 Pampa

No Brasil, o **Pampa** ocorre somente no Rio Grande do Sul e por isso também é chamado de Campos Sulinos. Esse bioma se estende por áreas de planície com predominância de vegetação herbácea, abrangendo os países vizinhos Uruguai e Argentina.

Os campos de vegetação rasteira predominam na paisagem, mas no Pampa também existem matas ciliares, matas de encostas (que ocorrem nos morros), matas de pau-ferro e regiões onde predominam arbustos.

Por ser um campo aberto, o Pampa pode dar a falsa impressão de que sua importância ecológica não é grande como a de uma floresta. No mundo todo, os biomas de campos são os mais explorados e devastados. No entanto, as pesquisas sobre a biodiversidade dos campos têm mostrado que ali vivem muitas espécies endêmicas de plantas e de animais, e isso é válido para o Pampa também. Os biólogos identificaram nesse bioma mais de 3 mil espécies de plantas e 450 espécies de animais, muitas delas endêmicas. Estima-se que a maior parte da biodiversidade do Pampa ainda não foi descrita.

Entre as plantas nativas, estão dezenas de espécies de capim, como as flechilhas. A fauna do Pampa é rica em espécies de aves, como a ema, a perdiz, o quero-quero, o pica-pau-do-campo, a caturrita, entre outras. Há também grande diversidade de répteis, anfíbios e mamíferos como o tuco-tuco, o tatu-galinha e o veado-campeiro.

A vegetação herbácea é utilizada na criação extensiva de gado. Essa atividade é um fator de ameaça às diversas espécies de plantas e animais que ali vivem. Atualmente, outra grande ameaça é o plantio de eucaliptos para indústrias de papel e madeira.

Zig Koch/Olharimagem

Campos Sulinos ou **Pampas**, no Rio Grande do Sul.

‹4.6› Pantanal

O **Pantanal** localiza-se nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, região onde se alternam períodos de muita chuva e períodos de seca. Essa alternância possibilita a ocorrência de vegetação rica e variada, com espécies típicas de outros ecossistemas, como dos Cerrados, da Caatinga e de florestas.

Durante as chuvas ocorrem as cheias, inundando grande extensão de planícies às margens dos rios, formando a maior região alagada do mundo. Com o fim da estação chuvosa, a água proveniente das lagoas e dos campos inundados começa a retornar para os rios. Esse período é chamado de vazante.

O Pantanal abriga grande número de aves, com mais de 700 espécies, como a arara-azul, a garça, o flamingo e sua ave-símbolo, o tuiuiú, também conhecido por jaburu ou jabiru. Também são característicos da região a sucuri, o jacaré-do-pantanal, o cervo-do-pantanal e a onça-pintada.

Entre os representantes da flora do Pantanal, podemos citar o buriti, o manduvi e o carandá. Muitas espécies de plantas do Pantanal estão adaptadas a sobreviver passando a estação das chuvas submersas, ou parcialmente submersas.

Mario Friedlander/Pulsar Imagens

O **manduvi** (*Sperculia apetala*) é uma árvore de até 40 m de altura, encontrada no Pantanal. Diversos animais alimentam-se de seus frutos. A arara-azul constrói seus ninhos em ocos no tronco do manduvi. Suas populações naturais têm diminuído, o que coloca a fauna em risco também.

Maurício Simonetti/Olharlmagem

Tuiuiú (*Jabiru mycteria*), considerado como ave símbolo do Pantanal, vive em bandos na beira dos rios, alimentando-se de peixes. Os adultos medem pouco mais de 1 m de altura. A espécie está ameaçada de extinção em seu *habitat* natural.

MULTIMÍDIA

Livro de pré-coisas
Manoel de Barros,
Editora Record, 1997.
O poeta descreveu, em poemas emocionantes, a natureza do Pantanal e das populações que ali vivem.

Manoel de Barros
LIVRO DE PRÉ-COISAS
Reprodução

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Paisagem do **Pantanal**, *habitat* do **jacaré-do-pantanal** (*Caiman yacare*). Este réptil pode medir até 2,5 m de comprimento e alimenta-se principalmente de peixes.

5 Manguezais e restingas

Manguezal no Delta do Parnaíba. As árvores desse ecossistema apresentam adaptações que lhes permitem crescer no solo lodoso e pobre em oxigênio. Essas árvores podem chegar a 20 m de altura.

Ricardo Azoury/Pulsar Imagens

Conforme vimos no início do capítulo, um bioma pode abrigar diversos ecossistemas. Nos biomas em que há regiões litorâneas, ocorrem ecossistemas que se desenvolvem na transição entre o mar e a terra. Os **manguezais** e as **restingas** são ecossistemas desse tipo, fazendo parte das zonas úmidas do Brasil.

No Brasil, a distribuição dos **manguezais** vai do Amapá até Santa Catarina. São ambientes de grande importância ecológica, sendo muitas vezes comparados a um "berçário", pois um grande número de animais marinhos utiliza esses ambientes para a reprodução. Existem também diversas espécies que ocorrem somente nesse ecossistema, como o caranguejo-do-mangue e as árvores conhecidas como mangue-vermelho, mangue-preto, mangue-branco e mangue-de-botão.

As árvores características dos manguezais possuem características no caule e nas raízes que permitem sua sobrevivência no solo lodoso, ou seja, pouco firme e com reduzida concentração de gás oxigênio. Elas também sobrevivem à alta salinidade e ao regime das marés.

Por serem fundamentais para sustentar a vida marinha, as comunidades humanas que vivem da pesca no litoral brasileiro dependem da conservação dos manguezais. A coleta de caranguejos também é uma atividade que deve ser feita de forma sustentável, de modo a não desequilibrar as populações naturais.

Restinga em Ubatuba, SP, na área do bioma Mata Atlântica. Em grande parte do litoral brasileiro, as restingas foram destruídas para dar lugar a casas e hotéis na beira do mar. Sua retirada causa perda de biodiversidade, facilita o avanço do mar, entre outras consequências.

As **restingas** também são ecossistemas litorâneos, cujas condições abióticas incluem o solo arenoso e a alta salinidade. A vegetação de restinga surge nas praias arenosas, a partir da região que não fica submersa na maré alta. A região é constantemente atingida pelos respingos de água salgada, e as plantas rasteiras características da restinga, como o jundu, sobrevivem a essa condição.

À medida que se afasta da praia, a vegetação da restinga se torna mais diversificada, com bromélias, arbustos e árvores de pequeno porte. Ali vivem espécies endêmicas de animais e de plantas. Alguns animais dos ambientes próximos também frequentam a restinga em busca de alimento.

Shalon Adonai/Acervo do fotógrafo

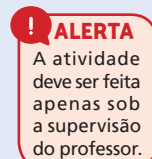
ATIVIDADE PRÁTICA

Identificando seu bioma

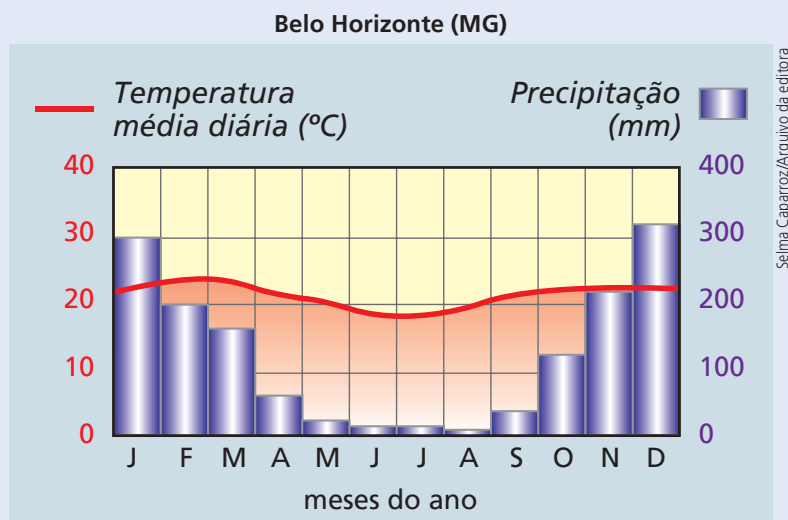
Você consegue reconhecer em qual bioma se localiza a região onde você mora? Comparando a localização de sua cidade com o mapa de biomas apresentado na página 92, é fácil chegar a essa resposta. Mas vamos fazer uma análise mais aprofundada, procurando relacionar características gerais do clima e da vegetação predominante para chegar a essa conclusão. Reúna-se com um grupo de colegas e façam a atividade proposta.

Material necessário

- Atlas geográfico;
- caderno para anotações;
- caneta ou lápis;
- régua;
- papel quadriculado ou milimetrado.

ALERTA A atividade deve ser feita apenas sob a supervisão do professor.

Procedimentos

Veja no Manual comentários a respeito dos procedimentos.

1. Consultando um mapa do atlas, identifiquem a latitude em que vocês se encontram. Utilizando o atlas ou o material de Geografia como referência, descubram qual é o tipo de clima predominante nessa latitude.
2. Considerem a topografia do local em que vocês estão, consultando um mapa que forneça esse tipo de informação. Qual é a altitude média da região?
3. Obtenham dados das médias mensais de temperatura e precipitação em sua região, ao longo de um ano. Você e seus colegas podem conseguir esses dados em atlas ou em estações meteorológicas locais. Com esses dados, construam um **climograma**, gráfico em que a temperatura (em graus Celsius) é identificada por meio de uma linha, e a precipitação, medida em milímetros, é representada por um histograma, ou gráfico de barras. Utilizem para isso o papel quadriculado ou milimetrado. Vejam como modelo o climograma da cidade de Belo Horizonte (MG):

Belo Horizonte (MG)

Temperatura média diária (°C)
Precipitação (mm)
40 30 20 10 0
400 300 200 100 0
J F M A M J J A S O N D
meses do ano

Selma Caparroz/Arquivo da editora

Fonte dos gráficos: OLLY, Phillipson. *Atlas Geográfico Mundial*. São Paulo: Ed. Fundamento, 2010.

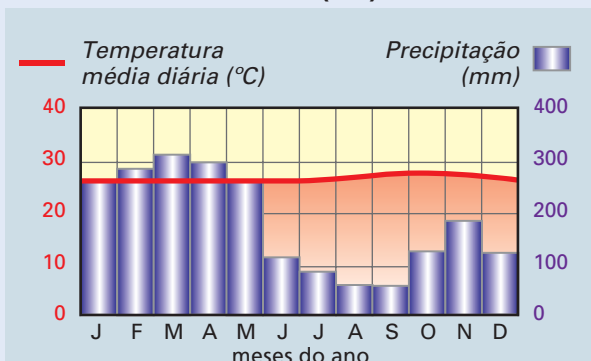
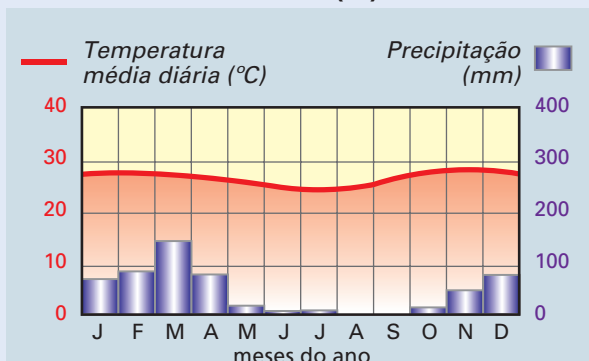
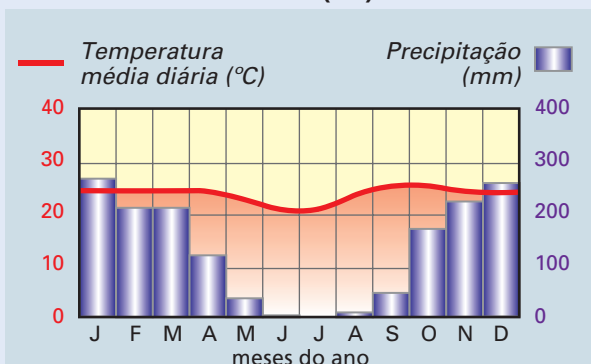
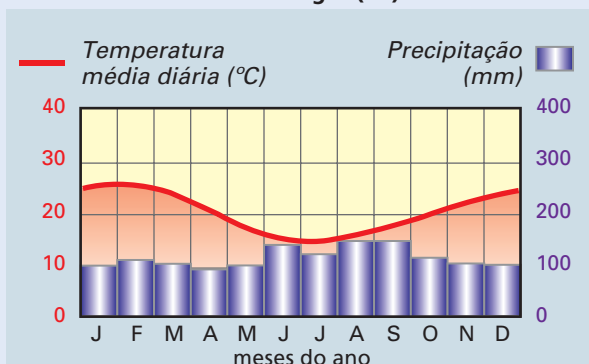
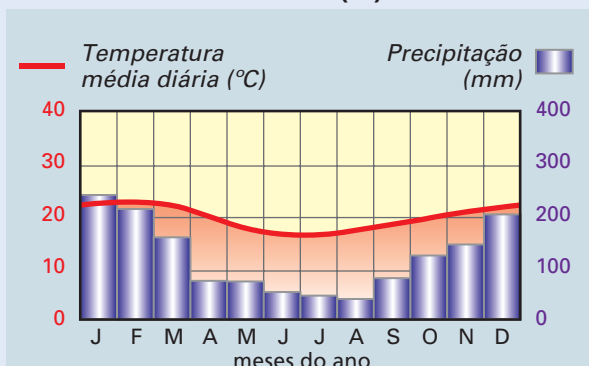
4. Agora você e seus colegas devem observar a vegetação predominante, em áreas que sofreram pouca interferência humana. Ao longo de uma semana, registrem em fotos e desenhos as diferentes plantas que encontrarem pelo caminho entre a escola e suas casas. Conversando com outros moradores, procurem descobrir se as plantas que vocês observaram são nativas ou se foram recentemente introduzidas na região.

5. Se forem observados animais silvestres, anotem também em seus registros diários. Vocês podem identificar esses animais por seu nome popular.

6. Considerando os dados obtidos – a latitude, os dados topográficos, o climograma e as observações locais de plantas e animais identificados por vocês – determinem qual deve ser o bioma onde se localiza a região onde vivem. Façam uma lista de características desse bioma que se observam em sua região.

Interpretando os resultados

a. Abaixo, estão os climogramas de algumas cidades brasileiras:

Manaus (AM)

Petrolina (PE)

Goiânia (GO)

Porto Alegre (RS)

São Paulo (SP)

Fonte dos gráficos: OLLY, Phillipson. *Atlas Geográfico Mundial.* São Paulo: Ed. Fundamento, 2010.

Gráficos: Selma Caparroz/Arquivo da editora

- Utilizando mapas do Brasil e o mapa de biomas apresentado neste capítulo, identifiquem os biomas aos quais essas cidades pertencem.
- Comparem o climograma de sua região com os climogramas apresentados. Com qual deles o climograma de sua região mais se assemelha? Por quê?

b. Considerando as principais características climáticas e vegetacionais de sua região, há diferenças em relação ao que é descrito para o bioma? Quais são essas diferenças e quais seriam as explicações?

c. Analisem o gráfico apresentado na página 91, que mostra a distribuição de biomas no mundo com base nas médias anuais de temperatura e precipitação. Em qual parte do gráfico estaria localizada a região onde vocês moram?

Essa é uma atividade baseada na observação e na percepção dos alunos; as resposta são, portanto, pessoais. É importante auxiliá-los a desenvolver uma atitude investigativa e o interesse pelo seu entorno. Se for necessário, oriente as observações com perguntas mais específicas do que as apresentadas no roteiro da atividade proposta. Veja mais comentários no Manual.

Formações vegetais no Brasil

Mostramos a seguir o *Mapa de Vegetação do Brasil* do IBGE, que não corresponde ao de biomas (ver página 92), mas é complementar a ele. Os dois juntos servem como referências para o estabelecimento de políticas públicas de manejo.

Mapa de vegetação do Brasil

Regiões fitoecológicas
Floresta ombrófila densa
Floresta ombrófila aberta
Floresta ombrófila mista
Floresta estacional semidecidual
Floresta estacional decidual
Campinara
Savana
Savana estépica
Estepe
Áreas de formações pioneiras
Vegetação com influência marinha, fluviomarinha e fluvial
Áreas de tensão ecológica
Contato entre tipos de vegetação
Área antropizada

Maps World/Arquivo da editora

Fonte: IBGE. *Atlas geográfico escolar.* Disponível em: <http://atlasescolar.ibge.gov.br/images/atlas/mapas_brasil/brasil_vegetacao.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2015.

Este mapa mostra a situação da vegetação no território brasileiro atualmente. Na época do descobrimento pelos portugueses, ocorriam dois conjuntos vegetacionais: um florestal, que ocupava mais de 60% do território nacional, e outro campestre.

As formações florestais brasileiras são constituídas por florestas:

- **ombrófilas** (em que não falta umidade durante o ano): podem ser densas, abertas ou mistas;
- **estacionais** (em que falta umidade em um período do ano): podem ser semidecíduas ou decíduas.

Na Amazônia, predominam as florestas ombrófilas densas e as ombrófilas abertas, ambas com árvores de médio e grande portes, com ocorrência de cipós, bromélias e orquídeas.

O bioma Mata Atlântica é formado por florestas ombrófilas densas, ombrófilas mistas e por florestas estacionais. As florestas ombrófilas mistas correspondem à Mata de Araucárias. As florestas estacionais podem ser **semidecíduas** (em que menos da metade das árvores perdem as folhas no período seco) ou **decíduas** (em que mais de 50% das árvores perdem suas folhas no período seco), ambas representadas por formações limítrofes com outros tipos de vegetação.

As formações campestres são constituídas por vegetação aberta e, segundo o IBGE, podem ser:

- **savana**, correspondente ao Cerrado que predomina no Brasil central, ocorrendo também em pequenas áreas em outras regiões do país, inclusive na Amazônia;
- **savana estépica**, que inclui a Caatinga nordestina, os campos de Roraima, o Pantanal mato-grossense e uma pequena ocorrência no extremo oeste do Rio Grande do Sul;
- **estepe**, que corresponde aos campos do planalto e da campanha, do extremo sul do Brasil;
- **campinarana**, um tipo de vegetação rasteira que ocorre na Amazônia, na bacia do rio Negro.

O mapa de vegetação traz ainda a indicação das **áreas das formações pioneiras**, que abrigam a vegetação das restingas, dos manguezais e dos alagados, além das **áreas de tensão ecológica**, onde ocorrem os contatos entre tipos de vegetação, e a grande área vermelha, que representa as regiões onde a cobertura de vegetação foi muito modificada por ação do ser humano. Você pode imaginar que as áreas ocupadas pelos tipos de vegetação eram bem maiores originalmente.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

1 Abandonados por traficantes, papagaios nordestinos ocupam Sul

Um visitante diferente tem ganhado espaço em pleno cenário urbano e chamado a atenção dos moradores de Porto Alegre e de outras cidades do Rio Grande do Sul.

É o papagaio-verdadeiro, ave típica das regiões Norte e Nordeste que tem sido encontrada com frequência no Sul.

O fato alertou os órgãos ambientais. Segundo o Ibama, essas aves não costumam fazer migrações. A suspeita é que tenham sido alvos de tráfico de animais.

Em Porto Alegre, o Ibama e a prefeitura iniciaram um censo, há dois meses, para calcular o número e estudar o comportamento e a adaptação das aves à cidade.

A estimativa inicial é de cerca de 300 papagaios na capital gaúcha. “Há alguns anos, nem registro de papagaio na cidade tínhamos”, diz o chefe do núcleo de fauna do Ibama-RS, Paulo Wagner.

Já foram registrados 25 pontos onde as aves mais aparecem. A maioria se concentra em bandos e fica no topo de árvores frutíferas de ruas e praças. Outras cidades, como Caxias do Sul, também registram o fenômeno.

“O aparecimento deles não é natural. Esses papagaios são sobreviventes dos sobreviventes. São uma minoria que resistiu a um processo de tráfico e, em seguida, foi abandonada ou fugiu”, diz Wagner.

Ainda de acordo com ele, a maioria das aves não tem a anilha, tipo de anel usado para controle quando são vendidas legalmente.

Segundo a coordenadora do programa de fauna silvestre da prefeitura de Porto Alegre, Soraia Ribeiro, a presença destas aves no cenário urbano ameaça espécies nativas.

“Por ser uma espécie exótica, eles se comportam como competidores. O passarinho daqui que quer chegar perto de uma árvore não tem nenhuma chance”, afirma.

Após o censo, a ideia é capturar as aves e realocá-las no *habitat* de origem, em áreas verdes de estados como Piauí, Maranhão, Tocantins e Bahia.

CANCIAN, N. Abandonados por traficantes, papagaios nordestinos ocupam Sul. *Folha de S. Paulo*, São Paulo, 01 ago. 2012. Disponível em: <http://m.folha.uol.com.br/cotidiano/2012/08/1129486-abandonados-por-traficantes-papagaios-nordestinos-ocupam-sul.shtml>. Acesso em: 17 fev. 2016.

Omar Freitas/Agência RBS

Papagaios sobrevoando Porto Alegre.

DEPOIS DA LEITURA...

a. Na região Sul do Brasil ocorre a Mata de Araucárias, que pertence ao bioma Mata Atlântica. Ocorre também outro bioma, típico dessa região. Que bioma é esse? Quais são suas principais características?

a) Pampa: predomínio de vegetação rasteira, fauna diversificada.

b. Qual deve ser o bioma do qual o papagaio-verdadeiro é nativo? Justifique sua resposta.

c. Por que a presença do papagaio-verdadeiro pode causar desequilíbrios ecológicos em Porto Alegre?

d. Com um colega, produza um cartaz alertando a respeito do tráfico de animais silvestres e as consequências dessa prática criminosa. Antes de fazer o cartaz, consulte jornais, revistas e *sites* para saber mais sobre o tema. Sugerimos os seguintes *sites*:

- ONG Renctas – Rede Nacional de Combate do Tráfico de Animais Silvestres: <http://www.renctas.org.br/>.
- Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Ministério do Meio Ambiente: <http://www.icmbio.gov.br/portal/>. d) Veja subsídios no Manual.

b) Nos estados brasileiros citados na reportagem – Piauí, Maranhão e Bahia – ocorre principalmente a Caatinga, e em Tocantins há predomínio de Cerrado. Nessa região também ocorre a Mata dos Cocais.

Acessos em: 09 dez. 2015.

c) A espécie exótica interfere nas interações ecológicas, por exemplo: competição por território e alimento com espécies nativas de aves. Havendo vantagens competitivas da espécie exótica no ambiente invadido, pode ocorrer a diminuição de populações de aves nativas e outros desequilíbrios na teia alimentar na qual ela se insere.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

2 Áreas protegidas no Brasil

Cerca de 20% do território nacional é de áreas protegidas, que incluem as unidades de conservação, os parques urbanos e os corredores ecológicos. Elas vêm ganhando cada vez mais importância nas políticas de desenvolvimento do país, pois garantem a preservação da biodiversidade e a sobrevivência das populações humanas, que dependem, direta ou indiretamente, dos "serviços" dos ecossistemas, como água, fonte de energia, alimentos, regulação do clima, entre outros.

Os **corredores ecológicos** são porções de ecossistemas que conectam fragmentos de áreas naturais. Eles ligam duas ou mais áreas protegidas que, sem a presença desses corredores, estariam isoladas. Com essa conexão, as populações de plantas e animais podem se dispersar e recolonizar áreas degradadas. Os corredores ecológicos são construídos para interligar áreas interrompidas por rodovias, pastos, lavouras, barragens e regiões desmatadas.

Laury Cullen Jr/Arquivo IPÊ

Vista aérea de um corredor ecológico em Pontal do Paranapanema, SP, conectando dois fragmentos de mata.

Leia agora o texto do Ministério do Meio Ambiente a respeito das **unidades de conservação**.

> [...] Nosso país é considerado megabiodiverso. Aqui se encontra uma grande variedade de espécies da fauna e da flora, compondo importantes ecossistemas que nos proporcionam um dos melhores climas do mundo, água pura e em grande quantidade, terras férteis e paisagens paradisíacas.
>
> Este é o nosso maior privilégio, esta é a nossa herança: temos uma natureza que nos oferece todos os recursos de que precisamos para viver bem. E essa herança deve ser protegida.
>
> O governo brasileiro protege as áreas naturais por meio de Unidades de Conservação (UC) – estratégia extremamente eficaz para a manutenção dos recursos naturais em longo prazo.
>
> Para atingir esse objetivo de forma efetiva e eficiente, foi instituído o Sistema Nacional de Conservação da Natureza (SNUC), com a promulgação da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. A Lei do SNUC representou grandes avanços à criação e gestão das UC nas três esferas de governo (federal, estadual e municipal), pois ele possibilita uma visão de conjunto das áreas naturais a serem preservadas. Além disso, estabeleceu mecanismos que regulamentam a participação da sociedade na gestão das UC, potencializando a relação entre o Estado, os cidadãos e o meio ambiente.
>
> [...] o SNUC faz valer nosso direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado para presentes e futuras gerações, por meio da implantação e consolidação de unidades de conservação! Esse espaço foi feito para que você possa conhecê-lo mais... Aproveite!
>
> Unidade de Conservação é vida, é diversidade, é riqueza, é patrimônio nacional!
>
> Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao>. Acesso em: 10 jan. 2016.

Até o ano de 2015, havia 1940 unidades de conservação estabelecidas no Brasil, correspondendo a 17,7% do território de nosso país. Além das unidades localizadas nos biomas brasileiros, há também áreas protegidas no litoral, como Fernando de Noronha (PE) e o arquipélago de Abrolhos (BA).

Existem diversos tipos de unidades de conservação determinados pelo SNUC, pertencentes a duas categorias principais: as unidades de proteção integral e as unidades de uso sustentável. Nessa última categoria, estão as áreas em que populações tradicionais podem habitar, fazendo uso controlado dos recursos naturais. Nas unidades em que a visitação é permitida, existem diretrizes a serem adotadas pela diretoria, assegurando que não sejam gerados grandes impactos ambientais.

Além das unidades de conservação e dos corredores ecológicos, são áreas protegidas no

NÃO JOGUE LIXO
NAS TRILHAS
O PARQUE
AGRADECE

Marcos Amend/Pulsar Imagens

Esta placa alerta os visitantes do **Parque Nacional do Caparaó** para a conservação do ambiente. O Parque localiza-se na fronteira entre Minas Gerais e Espírito Santo e permite a visitação.

Brasil as terras indígenas e as dos quilombolas. Um grande desafio é a fiscalização e proteção das áreas, evitando usos inadequados e ameaças às populações humanas que ali vivem.

A Comissão Nacional de Biodiversidade (Conabio) determinou que, até 2020, deva ocorrer o aumento das áreas protegidas no Brasil, sendo: "pelo menos 30% da Amazônia, 17% de cada um dos demais biomas terrestres e 10% de áreas marinhas e costeiras, principalmente áreas de especial importância para biodiversidade e serviços ecossistêmicos" (Resolução Conabio nº 6, de 3 de setembro de 2013).

Os gráficos ao lado mostram a proporção de áreas protegidas na forma de unidades de conservação, em cada bioma e no litoral de nosso país. Analise e compare a situação mostrada nos gráficos, com dados de 2015, com o objetivo determinado pela Conabio para 2020.

Fontes:

Páginas do Ministério do Meio Ambiente:

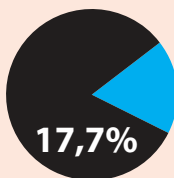
Áreas protegidas: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas>.

Criação de Unidades de Conservação: <http://www.mma.gov.br/component/k2/item/10566-componentes-gef-ter>.

Tabela consolidada das Unidades de Conservação: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80112/CNUC_Categoria_Fevereiro_2015.pdf>.

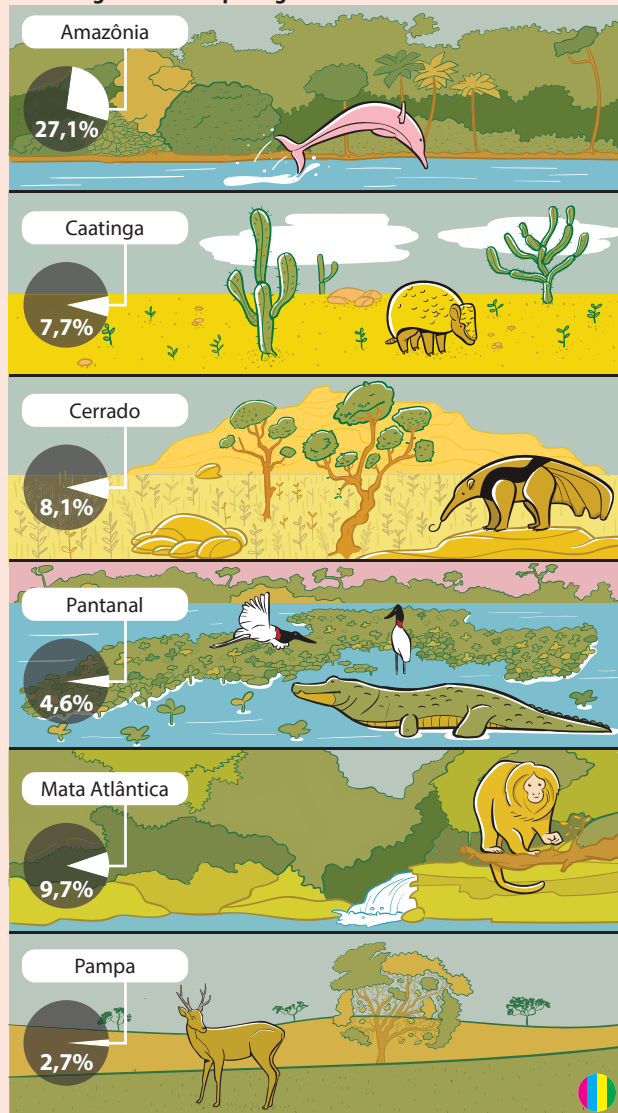
Parque nacional do Caparaó: <http://www.icmbio.gov.br/parnacaparao/4-parque-nacional-do-caparao.html>. Acessos em: 11 jan. 2016.

Áreas protegidas em relação à extensão total do território brasileiro

17,7%

Porcentagem de áreas protegidas dentro de cada bioma

Amazônia 27,1%
Caatinga 7,7%
Cerrado 8,1%
Pantanal 4,6%
Mata Atlântica 9,7%
Pampa 2,7%

Alexandre Affonso/Arquivo da editora

DIVULGAÇÃO PNLD

DEPOIS DA LEITURA...

b. Do menos protegido para o mais protegido: Pampa, Pantanal, Caatinga, Mata Atlântica, Cerrado, Amazônia.

a. Faça uma pesquisa para descobrir uma unidade de conservação (UC) próxima ao local onde você mora. Em seu caderno, faça um texto descrevendo o tipo de UC, quais atividades são permitidas ali e quais são os desafios enfrentados em sua preservação.

b. Analisando os gráficos, faça uma lista dos biomas brasileiros em ordem crescente de proteção.

a. Resposta pessoal. No *site* do Ministério do Meio Ambiente é possível consultar o cadastro nacional de unidades de conservação, como na página "Mapas": <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/mapas>. O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) possui dados sobre as unidades de conservação federais: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros.html>. Acessos em: 11 jan. 2016.

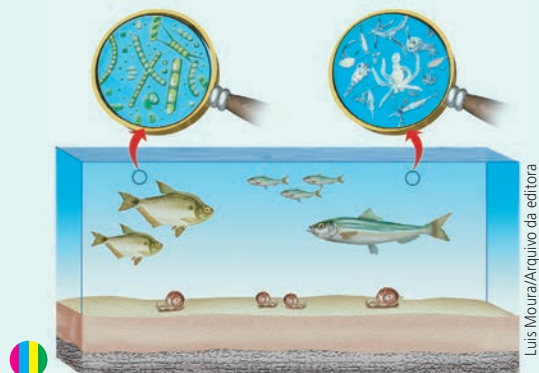
2. Pelo fenômeno da "chuva de detritos", em que animais e plantas mortos, provenientes das camadas mais superficiais do oceano, afundam lentamente e servem de alimento aos seres abissais.

5. O lobo-guará é onívoro e um de seus alimentos preferidos é o fruto da lobeira, que se beneficia ecologicamente da presença do lobo, um dispersor de suas sementes. As ninhadas, de apenas 2 filhotes, nascem geralmente em julho e permanecem em uma toca, com a fêmea, que é alimentada pelo macho. Veja mais informações no *site* <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/biodiversidade/especie_do_mes/dezembro_lobo_guara.cfm> Acesso em: 11 jan. 2016.

Revendo e aplicando conceitos

1. Animais bentônicos: caramujos, que vivem junto ao substrato; animais nectônicos: peixes, que apresentam locomoção ativa na coluna de água; seres planctônicos: algas do fitoplâncton e seres do zooplâncton, que são carregados pelas correntezas. O fitoplâncton é formado por seres fotossintetizantes (microalgas) e o zooplâncton por seres heterótrofos.

1. Analise a figura a seguir que mostra alguns organismos marinhos. Note que esses organismos não estão ampliados na mesma proporção. Os que são microscópicos estão indicados pelo uso simbólico de uma lente de aumento.

Luis Moura/Arquivo da editora

Com base nessa figura, dê exemplos de animais bentônicos, planctônicos e nectônicos. Dentre os planctônicos, quais representam o fitoplâncton e quais representam o zooplâncton? Justifique sua reposta.

2. As profundidades oceânicas abaixo dos 200 metros não recebem luz solar e assim, na imensa parte dos oceanos, abaixo dessa profundidade, não há fotossíntese. Como as cadeias alimentares dessas regiões são sustentadas?

3. A foto abaixo mostra parte de uma comunidade diversificada, que existe nas profundezas oceânicas, onde a luz não chega. Descobriu-se que toda essa comunidade é sustentada por produtores, ou seja, por seres autótrofos.

Dr. Ken Macdonald/SPL/Latinstock

3. a) Bactérias que realizam quimiossíntese.

a. Quem são esses produtores e que processo autotrófico é esse?

3. b) Água com elevada salinidade (oceano), grande profundidade, ausência de luz, elevada temperatura pela presença de fonte termal submarina.

b. Cite algumas características do ecossistema onde essa comunidade ocorre.

4. A ONG Vovó do Mangue realiza, em parceria com outras instituições, o projeto CO2 Manguezal, que visa recuperar e preservar os manguezais da região da Baía de Todos os Santos, na Bahia. Um dos principais pontos do projeto é o envolvimento de jovens estudantes que, bem informados, passam a divulgar a importância de preservar o manguezal.

Reprodução

Fonte: Projeto CO2 Manguezal. Disponível em: <http://www.co2manguezal.org/>. Acesso em: 19 jan. 2016.

Explique qual é a importância dos manguezais para o equilíbrio ecológico no litoral brasileiro.

4. O manguezal é o berço de diversos animais marinhos, que ali se reproduzem e/ou passam etapas de seu desenvolvimento até atingir a idade adulta. Ali vivem também espécies endêmicas. É importante na contenção das águas e na transição entre o mar e a terra.

5. O lobo-guará é um mamífero encontrado no Cerrado. A espécie está ameaçada de extinção. Segundo a ONG WWF-Brasil, entre as principais ameaças estão a destruição de seu *habitat* e os atropelamentos nas estradas, principalmente aquelas próximas a unidades de conservação.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

O lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) é o maior canídeo da América do Sul, podendo medir 1 m de comprimento.

Busque informações sobre o lobo-guará: alimentação, hábitos, interações com outras espécies e reprodução. Com essas informações, faça uma ficha ilustrada sobre a espécie, destacando sua importância ecológica no Cerrado.

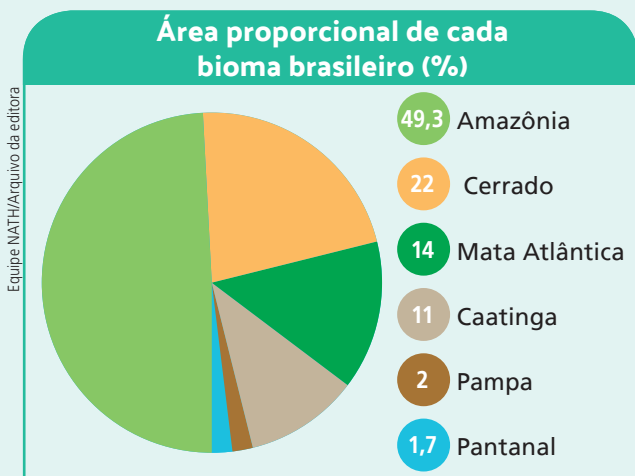
6. Da mesma forma como foi feito para o lobo-guará, na atividade anterior, descubra mais sobre uma espécie endêmica e ameaçada de extinção de cada um dos biomas brasileiros. Cite as fontes consultadas.

6. Resposta pessoal. Os alunos podem pesquisar a respeito das espécies citadas no capítulo. Veja comentários no Manual.

7. d) A maior concentração de pessoas está em um bioma de área relativamente pequena, a Mata Atlântica. Sugerimos que esta atividade seja aprofundada, tornando-se um projeto em conjunto com Geografia e História. Perguntando-se "Por que a maior concentração populacional do Brasil está na área da Mata Atlântica?", os alunos poderão analisar fatos da história de nosso país.

Trabalhando com gráficos

7. Analise o gráfico a seguir.

Área proporcional de cada bioma brasileiro (%)

Fonte: Ministério do Meio Ambiente - Biomas: <http://www.mma.gov.br/biomas>. Acesso em: 11 jan. 2016.

Agora analise a tabela que mostra a população humana vivendo na área original de cada bioma:

Bioma	População humana (em milhões)
Amazônia	17,0
Cerrado	29,8
Mata Atlântica	120,0
Caatinga	27,0
Pampa	6,2
Pantanal	0,3

Fonte: BENSUSAN, N. *Dividir para quê*? Biomas do Brasil. Brasília: IEB Mil Folhas, 2015.

Para comparar os dados do gráfico com os da tabela, faça a seguinte atividade:

a. Copie o gráfico em seu caderno, de preferência em tamanho maior. 7. a); b); c) Veja no Manual um modelo do gráfico proposto.

b. Crie um símbolo para representar a população humana, como este: 🚹. Cada símbolo vai equivaler a 10 milhões de pessoas. No caso de populações inferiores a 10 milhões de pessoas, pinte apenas parte do símbolo.

c. Dentro do gráfico que você copiou, represente os símbolos de acordo com o número de pessoas que habitam a área de cada bioma brasileiro.

d. Escreva uma conclusão que pode ser obtida a partir dos dados.

Ciência, Tecnologia e Sociedade

8. Veja subsídios no Manual.

8. A diversidade de paisagens e de seres vivos no território brasileiro relaciona-se com a enorme diversidade cultural em nosso país. Baseando-se na natureza ao redor, surgem cantigas, lendas, pratos típicos, festas populares e outras tradições. Surgem também as comunidades tradicionais, como os gaúchos, os caiçaras, as quebradeiras de coco, os coletores de castanha-do-pará, os sertanejos e muitos outros exemplos.

Reúna-se com seus colegas e escolham um bioma ou ecossistema aquático brasileiro. Busquem informações a respeito de costumes e tradições associadas a algum aspecto natural desse ambiente. Preparem uma apresentação para os colegas. Sua classe pode organizar, para toda a escola e comunidade, uma "feira dos biomas", mostrando a diversidade ecológica e cultural da natureza de nosso país.

9. O projeto não governamental "Mulheres na Caatinga" reúne agricultoras do Sertão do Pajeú, PE, interessadas na preservação da Caatinga, com a recuperação de áreas degradadas e ações nas comunidades. Entre as ações realizam coleta de sementes e fazem o reflorestamento. Nesse projeto foi desenvolvido um modelo mais eficiente de fogão a lenha, que se mantém aceso por mais tempo com quantidade muito menor de lenha.

Fonte: Projeto Mulheres na Caatinga. Disponível em: <http://www.mulheresnacaatinga.org.br/>. Acesso em: 17 fev. 2016.

Assim como o projeto "Mulheres na Caatinga", muitas outras iniciativas não governamentais existem em nosso país, visando à proteção de nossos biomas e ecossistemas. Elas envolvem pessoas que sabem a importância de um desenvolvimento econômico associado à preservação ambiental. Com um colega, pesquisem e respondam:

a. O que é desenvolvimento sustentável? Citem exemplos de ações sustentáveis.

9. b) Resposta pessoal.

b. Existe alguma organização que lute pela preservação do bioma em que sua cidade está inserida? Quais são os projetos, as conquistas e os desafios dessa luta? Se possível, convide um representante dessa organização para conversar com sua turma.

9. a) É o desenvolvimento socioeconômico de uma comunidade humana a partir de ações que conservam o meio ambiente, com impactos reduzidos e uso eficiente, sem desperdícios, dos recursos naturais. Ele visa não apenas o sustento e a qualidade de vida dos seres humanos, mas também a garantia, para as futuras gerações, do acesso aos serviços obtidos na natureza: água, fonte de energia e alimento, regulação climática, entre outros.

10. Vantagem: garante a cobertura vegetal do solo, reduzindo sua erosão, e há o sequestro de carbono pelas plantas em crescimento. Desvantagem: perda de biodiversidade, desequilíbrios ecológicos causados por interações entre espécies exóticas e naturais.

Questões do Enem e de vestibulares

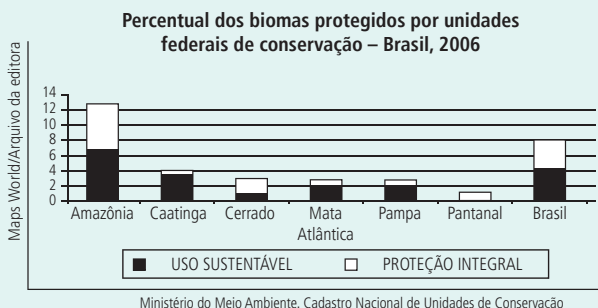
10. (Unesp) A revista *Veja*, em um número especial sobre a Amazônia, publicou em 2008 matéria de onde foi extraído o seguinte trecho:

> Uma boa medida para diminuir a pressão sobre as matas seria mudar a lei e permitir que sejam plantadas espécies exóticas, como o eucalipto, nas propriedades que desmataram além do limite de 20%. "Reflorestar com árvores exóticas dá retorno econômico e é tecnicamente viável", diz Francisco Graziano, secretário do Meio Ambiente de São Paulo.

Além dos aspectos econômicos e técnicos tratados no texto, cite uma vantagem e uma desvantagem, do ponto de vista ecológico, de se recuperar áreas desmatadas da região amazônica com espécies vegetais exóticas.

11. (Enem-2008)

Percentual dos biomas protegidos por unidades federais de conservação – Brasil, 2006

Ministério do Meio Ambiente. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação

Analisando-se os dados do gráfico, que remetem a critérios e objetivos no estabelecimento de unidades de conservação no Brasil, constata-se que:

a. o equilíbrio entre unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável já atingido garante a preservação presente e futura da Amazônia.

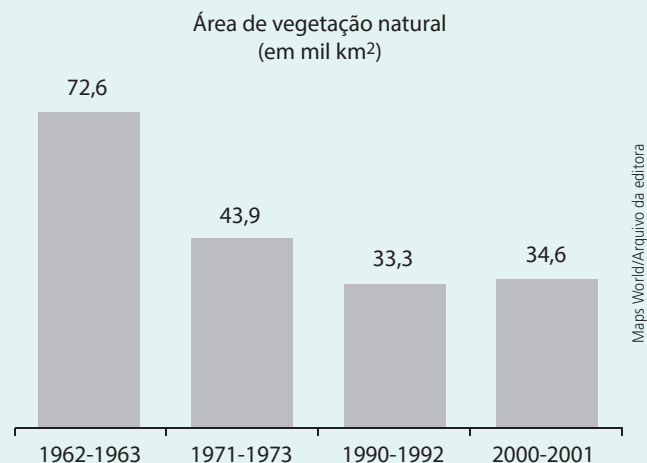
b. as condições de aridez e a pequena diversidade biológica observadas na Caatinga explicam por que a área destinada à proteção integral desse bioma é menor que a dos demais biomas brasileiros.

c. o Cerrado, a Mata Atlântica e o Pampa, biomas mais intensamente modificados pela ação humana, apresentam proporção maior de unidades de proteção integral que de unidades de uso sustentável.

11. d

d. o estabelecimento de unidades de conservação deve ser incentivado para a preservação de recursos hídricos e a manutenção da biodiversidade.

e. a sustentabilidade do Pantanal é inatingível, razão pela qual não foram criadas unidades de uso sustentável nesse bioma.

12. (Enem-2005) Em um estudo feito pelo Instituto Florestal, foi possível acompanhar a evolução de ecossistemas paulistas desde 1962. Desse estudo, publicou-se o Inventário Florestal de São Paulo, que mostrou resultados de décadas de transformações da Mata Atlântica.

Examinando o gráfico da área de vegetação natural remanescente (em mil km^2) pode-se inferir que:

a. a Mata Atlântica teve sua área devastada em 50% entre 1963 e 1973.

b. a vegetação natural da Mata Atlântica aumentou antes da década de 1960, mas reduziu nas décadas posteriores.

c. a devastação da Mata Atlântica remanescente vem sendo contida desde a década de 1960.

d. em 2000-2001, a área de Mata Atlântica preservada em relação ao período de 1990-1992 foi de 34,6%.

e. a área preservada da Mata Atlântica nos anos 2000 e 2001 é maior do que a registrada no período de 1990-1992. 12. e

13. (Unifor-CE) A disponibilidade de água é um dos fatores ecológicos mais importantes para a vegetação. A frequência de adaptações à falta de água decresce na seguinte sequência:

a. cerrados, manguezais e caatinga.

13. b **b.** caatinga, cerrados e matas amazônicas.

c. cerrados, caatinga e matas amazônicas.

d. caatinga, mata de araucárias e cerrados.

e. manguezais, Mata Atlântica e caatinga.

capítulo 5 Relações entre os seres vivos

COMENTÁRIOS GERAIS

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

RECORDE-SE

Relembre as relações entre população, comunidade e ecossistema no capítulo 2.

Soren Egeberg Photography/Shutterstock

Esta não é uma cena de predação. A moreia, um peixe carnívoro marinho, permite a entrada do camarão-limpador em sua boca. Esse camarão mede cerca de 5 cm de comprimento e se alimenta dos restos de alimento que ficam entre os dentes da moreia. Estudaremos, neste capítulo, as diversas **relações ecológicas**, como a que existe entre a moreia e o camarão-limpador.

1 Introdução

Você já sabe que uma população é formada pelos indivíduos de uma mesma espécie, que habitam a mesma área no mesmo intervalo de tempo. Em um ecossistema coexistem populações de diversas espécies, formando a comunidade.

Populações em equilíbrio tendem a manter o número de indivíduos mais ou menos constante ao longo do tempo. Entretanto, se uma população sofre drásticas alterações em seu tamanho, as populações que coexistem com ela também podem diminuir ou aumentar além de certos limites, provocando desequilíbrios ecológicos.

Os efeitos que uma população tem sobre outra se explicam pelas interações dos membros da comunidade entre si e com o ambiente. Algumas relações são muito evidentes – por exemplo, quando um animal se alimenta de outro, mas existem outros tipos de interações ecológicas, que estudaremos ainda neste capítulo.

Vamos iniciar nosso estudo conhecendo as principais características de uma população e os principais fatores reguladores do tamanho das populações na natureza.

2 Ecologia das populações

Para analisar o crescimento de uma população ao longo do tempo é necessário definir certos parâmetros. Vamos estudar os seguintes: densidade populacional, estrutura etária e potencial biótico. Com base nesses parâmetros, é possível prever o que acontecerá nas gerações seguintes, caso as condições ambientais onde vive a população continuem as mesmas.

2.1 Densidade populacional

Em Ecologia, a densidade corresponde ao número de indivíduos de uma população em determinada área ou volume. Representando na forma de uma equação, temos:

$$\text{Densidade (D)} = \frac{\text{Número de indivíduos da população (N)}}{\text{Unidade de área ou de volume (A)}}$$

Os fatores responsáveis pelo aumento da densidade de uma população são a taxa de natalidade e a taxa de imigração.

A **taxa de natalidade** indica a velocidade com que novos indivíduos são adicionados à população, por meio da reprodução. A **taxa de imigração** corresponde ao número de indivíduos que chegam à população, por unidade de tempo. Esses dois fatores, portanto, contribuem para o aumento do número de indivíduos (N).

Os fatores responsáveis pela diminuição da densidade de uma população são a taxa de mortalidade e a taxa de emigração.

A **taxa de mortalidade** indica a velocidade com que indivíduos são eliminados da população, devido à morte. A **taxa de emigração** corresponde ao número de indivíduos que deixam a população, por unidade de tempo. Esses dois fatores, portanto, contribuem para a redução de N.

Os quatro fatores – natalidade, mortalidade, imigração e emigração – interagem entre si determinando se a população está sofrendo variação em seu tamanho. Todas as taxas consideram o fator tempo. Assim, é possível comparar uma taxa de determinado fator entre duas ou mais populações diferentes se considerarmos o mesmo intervalo de tempo.

A **taxa de mortalidade** é geralmente mais alta em populações com alta taxa de natalidade. Considere, por exemplo, a população de uma determinada espécie de peixe em que cada fêmea é capaz de produzir milhares de ovos em uma única estação reprodutiva. Centenas de ovos servem de alimento a outros peixes, outras centenas não completam o desenvolvimento embrionário e apenas alguns desses ovos dão origem a indivíduos que conseguem sobreviver e atingir a idade reprodutiva.

Já em uma população de elefantes, a taxa de natalidade é bem menor do que a verificada nas populações do peixe: geralmente a fêmea dá à luz apenas um filhote a cada gestação, que dura cerca de 24 meses. No entanto, o filhote recebe cuidados dos adultos que podem aumentar suas chances de sobrevivência até atingir a idade adulta, e cada indivíduo pode viver por mais de 50 anos. Apesar da baixa taxa de natalidade, a taxa de mortalidade é bem menor do que a observada no caso dos peixes que utilizamos como exemplo.

Para determinar o índice de crescimento de uma população, deve-se relacionar a taxa de natalidade à taxa de mortalidade, como mostra a equação a seguir:

$$\text{Índice de crescimento (IC)} = \frac{\text{Taxa de natalidade (TN)}}{\text{Taxa de mortalidade (TM)}}$$

Vejamos os possíveis resultados dessa razão:

- **IC > 1**: índice de crescimento maior que 1, que ocorre quando a taxa de natalidade é alta e a de mortalidade é baixa, indicando que a população está crescendo.
- **IC < 1**: índice de crescimento menor que 1, que ocorre quando a taxa de mortalidade é mais alta que a de natalidade, indicando que a população está sofrendo uma redução em seu tamanho.
- **IC = 1**: índice de crescimento igual ou próximo de 1, que ocorre quando a taxa de natalidade e a de mortalidade possuem valor aproximado e indica que a população possui tamanho estável.

No caso da espécie humana, os índices de crescimento próximos a 1 ocorrem em países considerados desenvolvidos, onde geralmente há planejamento familiar e bons serviços de saúde oferecidos aos cidadãos.

PENSE E RESPONDA

Com base em dados científicos a respeito da densidade ideal para o plantio de milho verde, visando à produção de espigas grandes, um produtor calculou que, para a área de 4 m² que ele tinha disponível, o número máximo de plantas que ele poderia ter era 16. Calcule a densidade de plantas por m² nessa área.

D = 16 plantas / 4 m² = 4 plantas/m²

2.2 Estrutura etária

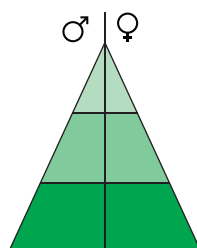
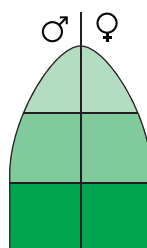
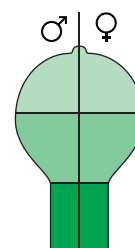
A estrutura etária de uma população corresponde à proporção dos indivíduos das várias faixas etárias, como o próprio nome sugere.

Populações em crescimento (IC > 1) apresentam muitos indivíduos jovens, enquanto **populações em declínio** (IC < 1) apresentam menor proporção de jovens em relação às outras faixas etárias. Já as **populações estáveis** (IC =1) caracterizam-se pelo equilíbrio entre número de jovens e de adultos.

A estrutura etária de uma população em um determinado período de tempo pode ser representada por um diagrama, que indica as faixas etárias em linhas horizontais e a proporção de indivíduos do sexo feminino e masculino para cada faixa. O formato do diagrama fica diferente de acordo com a estrutura etária da população. Observe, por exemplo, a figura a seguir que mostra de forma esquemática os diagramas de três países hipotéticos; note que, no país de população estável, os indivíduos distribuem-se mais uniformemente entre as classes etárias.

Diagramas simplificados indicando a estrutura etária de três populações hipotéticas

Maps World/Arquivo da editora

AGE Fotostock/Grupo Keystone

Indivíduos de uma **população de suricatos**, mamíferos africanos. Diversos fatores regulam o tamanho de uma população na natureza. Os suricatos adultos medem cerca de 25 cm de comprimento.

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

A população humana mundial está em crescimento, o que tem gerado problemas há décadas, principalmente em decorrência da desigualdade socioeconômica. Consultando jornais e revistas, procurem saber sobre questões relacionadas ao aumento da população humana, como: Resposta pessoal. Veja comentários no Manual.

- **alimentação:** como reduzir e evitar a escassez de alimento;
- **acesso à água:** o que fazer para garantir o abastecimento;
- **saúde pública:** como controlar epidemias e pandemias;
- **resíduos:** o que fazer com o crescente descarte de resíduos e esgoto.

Depois, com orientação dos professores de Biologia e Geografia, vocês podem organizar um debate sobre o tema e produzir uma reportagem, na forma de texto ou vídeo, com as conclusões a que vocês chegaram.

‹2.3› Potencial biótico

Em condições ideais, uma população teria a capacidade potencial de crescer, sem que nada impedisse o aumento no número de indivíduos. Essa capacidade recebe o nome de **potencial biótico** de uma população.

Em situações reais, entretanto, existem fatores que impedem o crescimento de uma população além de certo limite e se opõem ao potencial biótico. O conjunto desses fatores é chamado de **resistência ambiental** ou **resistência do meio**.

Imagine a seguinte situação: uma população de formigas possui determinado potencial biótico, ou seja, capacidade de aumento no número de indivíduos quando as condições – alimento, abrigo, espaço, sucesso reprodutivo etc. – são ideais. Na natureza, porém, as condições não são ideais: existem animais predadores de formigas, chuvas fortes, parasitas, épocas de escassez de alimento, entre outros. A população de formigas não atingirá o seu potencial biótico, devido à resistência ambiental.

A resistência ambiental pode ser calculada pela diferença entre a taxa teórica de crescimento em condições ideais – o potencial biótico – e a taxa real de crescimento da população observada no seu ambiente.

Para compreendermos o gráfico ao lado, imagine uma população que inicia a colonização de um novo *habitat*, propício à sobrevivência dos indivíduos.

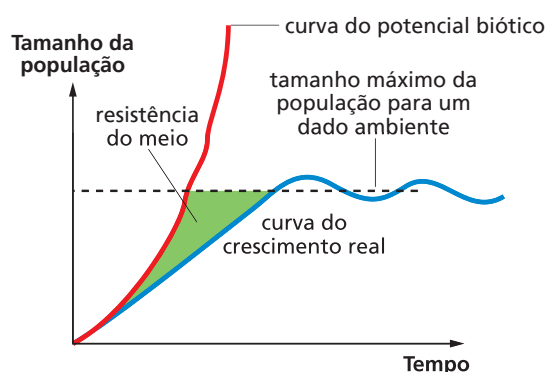
O crescimento inicial da população é lento, pois o número de indivíduos que inicia a colonização do ambiente é pequeno e, consequentemente, a taxa de natalidade também é pequena. Pela reprodução, o número de indivíduos vai aumentando, determinando o crescimento da população.

Se as condições no ambiente fossem ideais, o crescimento da população seria cada vez maior e o resultado seria uma curva exponencial, representada no gráfico em vermelho. A resistência ambiental, entretanto, atua sobre a população à medida que ela cresce, determinando uma redução no crescimento populacional em relação ao seu potencial biótico.

Quando se estabelece um equilíbrio entre as condições do ambiente e o potencial biótico da população, esta se torna praticamente estável, podendo ocorrer pequenas oscilações em torno desse número de indivíduos. O tamanho da população em equilíbrio será o máximo possível considerando-se a resistência ambiental.

Gráfico hipotético representando a curva do crescimento teórico ou **potencial biótico** (em vermelho) e a curva do **crescimento real** (em azul) de uma população.

Crescimento teórico e real de uma população ao longo do tempo

Tamanho da população
curva do potencial biótico
tamanho máximo da população para um dado ambiente
resistência do meio
curva do crescimento real
Tempo

Maps World/Arquivo da editora

Butterfly Hunter/Shutterstock

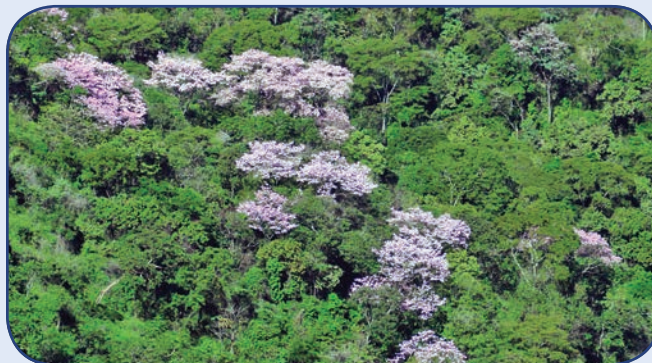
A ave capturou uma formiga, sua presa. A **predação** é um dos fatores que controlam o crescimento de uma população. Esta ave mede cerca de 12 cm de comprimento.

ATIVIDADE PRÁTICA

Estimando o tamanho de uma população

Veja as duas imagens a seguir:

Marco Antonio Sá/Kino

Aglomeração humana em Recife, PE.

Artur Keunecke/Pulsar Imagens

Ipê-roxo ou pau-d'arco (*Tabebuia impetiginosus*) na mata.

Como você faria para saber quantas pessoas estavam presentes no local fotografado? Ou para calcular o número de ipês-roxos em uma paisagem? Dê sua opinião e ouça a de seus colegas.

Para casos como esses, a Matemática torna-se uma ferramenta indispensável. As análises em Ecologia e em outros campos do saber, como a Geografia, dependem do cálculo de estimativas, área da Matemática chamada Estatística. Com sua equipe, faça a atividade a seguir para compreender, mesmo que de modo simplificado, como esse tipo de análise pode ser feito.

Material necessário

- Dois punhados de pequenos grãos crus, de dois tipos e tamanhos diferentes (exemplo: arroz / linhaça ou feijão / arroz);
- papel quadriculado ou milimetrado;
- régua;
- caneta ou lápis;
- calculadora (opcional).

Procedimentos

1. Considerem que a folha de papel quadriculado ou milimetrado é uma região que precisa ser estudada. Usando a régua e a caneta, delimitem uma área no papel. Essa será a área de análise, ou universo amostral. Vocês podem demarcar, por exemplo, um quadrado de 100 cm^2, ou seja, com 10 cm em cada lado. Marquem também quadrados menores dentro dessa área, obtendo uma "grade", conforme mostrado na imagem ao lado. Cada um desses quadrados menores constitui uma amostra dentro do universo amostral.

Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

2. Considerem que os grãos representam duas espécies de plantas que ocorrem na área de estudo. Espalhem os dois tipos de grãos sobre o papel, de modo aleatório. Não se preocupem caso alguns grãos fiquem de fora.

3. Vocês devem contar o número de "plantas" de cada espécie dentro de uma ou mais amostras. Cuidado para não mover ou retirar as "plantas" do lugar ao fazer a contagem. Discutam quantas amostras serão analisadas para calcular a densidade da espécie 1 e quantas amostras para a espécie 2.

- Com a medida do número de "plantas" em pequenas áreas, é possível estimar quantas plantas existem em toda a área demarcada? Troquem ideias e utilizem seus conhecimentos de Matemática para fazer essa estimativa. Resposta pessoal. O objetivo é possibilitar aos alunos refletir sobre o cálculo de uma média entre os valores das amostras.

4. Depois de fazer a estimativa, vocês podem contar todas as "plantas" que estão na área total demarcada e comparar os números verificados com as estimativas feitas anteriormente.

Interpretando os resultados

a. Compare o número estimado de "plantas" da espécie 1 e da espécie 2 com os números efetivamente contados na área demarcada. a. Resposta pessoal.

b. Em sua opinião, a estimativa feita por sua equipe forneceu uma ideia da densidade de plantas na área demarcada? Por quê? b. Resposta pessoal. Se o número estimado for próximo do valor médio efetivamente contado, será possível dizer que a estimativa forneceu uma ideia da densidade de indivíduos no espaço amostral.

c. Na opinião da equipe, o que poderia tornar a estimativa mais eficiente?
c. Resposta pessoal. Exemplo: aumentar o espaço amostral.

d. Voltando às imagens mostradas no início da seção, explique que métodos você utilizaria para chegar ao número de pessoas e de ipês-roxos.
d. Calculando-se o número de indivíduos por área, é possível estimar a densidade populacional na área total considerada. No caso do aglomerado de pessoas, a área amostral seria menor do que no caso dos ipês-roxos, que estão mais distantes um do outro, ocupando uma área total maior.

Indo além

Você e sua equipe podem escolher uma pequena área de um jardim ou parque para observar e verificar a diversidade de espécies que ali ocorrem, usando um procedimento semelhante ao proposto nesta atividade: delimitando amostras para análise. Busquem orientação do professor para escolha do local, dia e horário mais adequado para a observação.

Usando barbante ou outros materiais, construam uma "grade" que delimite o universo de estudo. Pode ser, por exemplo, uma área de 1,0 m^2.

Outro método usado para analisar a riqueza de espécies é traçar um perfil da vegetação, estendendo uma linha horizontal e registrando as diferentes plantas e outros organismos vistos ao longo da linha. Veja esses dois métodos na fotografia a seguir.

! ALERTA
A atividade deve ser feita apenas sob a supervisão do professor.

Martyn F. Chillmaid/Science Photo Library/Latinstock

Lembre-se de planejar a atividade com antecedência, levando em conta os materiais necessários, a divisão de tarefas entre a equipe e o objetivo de causar o mínimo de impacto na área visitada. Atitudes como não descartar lixo, observar com atenção a área onde pisa e fazer silêncio são importantes nesse sentido.

Veja comentários no Manual.

Antílopes machos em disputa, fotografados na África. Esta espécie de antílope apresenta indivíduos com o tamanho aproximado de um cavalo.

Johan Swanepoel/Shutterstock

〈2.4〉 Fatores reguladores do tamanho da população

Fatores abióticos, como o clima e outros, interferem no crescimento da população e participam da resistência ambiental. No entanto, vamos analisar aqui como os fatores bióticos regulam o tamanho de uma população, por meio de quatro interações: a competição (intraespecífica e interespecífica), a predação e o parasitismo.

Competição intraespecífica

A **competição** é um mecanismo que se estabelece quando os recursos do meio não estão disponíveis em quantidades suficientes para todos os indivíduos de um determinado local. Surge, assim, a disputa pelos recursos do meio.

Quando ocorre a competição intraespecífica, observada entre indivíduos de uma mesma população, verifica-se o controle natural da densidade da população em determinado local. Um exemplo desse tipo de competição é a **territorialidade**, a disputa por espaço. A delimitação de territórios é um comportamento observado em muitas espécies de animais e geralmente é o macho da espécie quem demarca o território a ser defendido contra os outros machos da população. As fêmeas se reproduzem com aqueles que conseguem defender seu território. Como não são todos os machos da população que conseguem delimitar ou manter seu território, esse comportamento ajuda a evitar a superpopulação, determinando um número reduzido de casais e um limite de espaço.

Os gráficos mostram as **curvas de crescimento de populações de duas espécies de paramécios**: *Paramecium caudatum* e *Paramecium bursaria*. O gráfico A mostra o crescimento das populações quando isoladas. O gráfico B mostra o que acontece quando, compartilhando o mesmo espaço, passam a competir por recursos (ex.: alimento). Observe que, como resultado da competição interespecífica, a população de *P. bursaria* é eliminada.

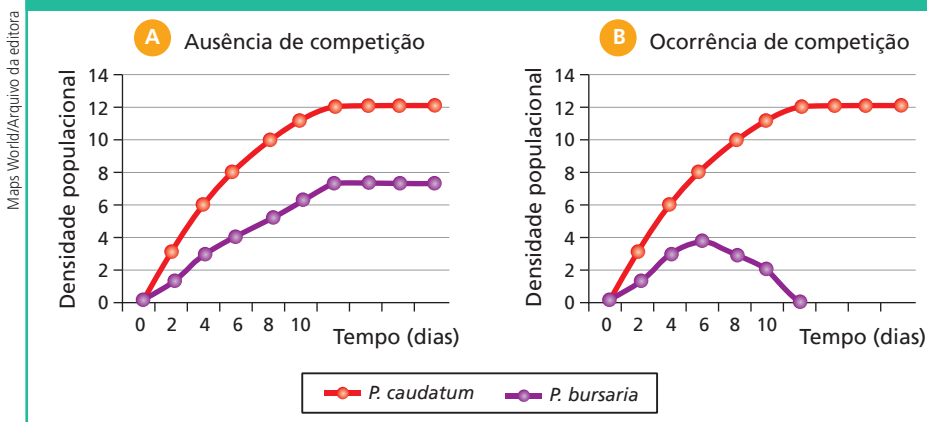
Competição interespecífica

A competição interespecífica ocorre entre populações de espécies diferentes que coexistem em uma mesma comunidade. A competição se inicia quando essas duas espécies apresentam nichos ecológicos parecidos e os recursos do ambiente não são suficientes para ambos. Surgem então as disputas por esses recursos, por exemplo, alimento, espaço ou abrigo.

Esse tipo de interação pode resultar no controle da densidade das duas populações envolvidas. Pode acontecer também de uma ou as duas populações começarem a apresentar especialização do nicho ecológico, diminuindo a competição por determinados recursos do meio.

Uma das populações, porém, pode ser extinta como resultado do mecanismo de disputa. Este resultado está de acordo com o princípio de Gause (nome dado em homenagem ao cientista que o formulou) ou princípio da exclusão competitiva: duas espécies podem compartilhar o mesmo *habitat*, mas não o mesmo nicho por muito tempo, caso contrário uma delas será excluída da área.

Crescimento de populações de duas espécies de paramécios

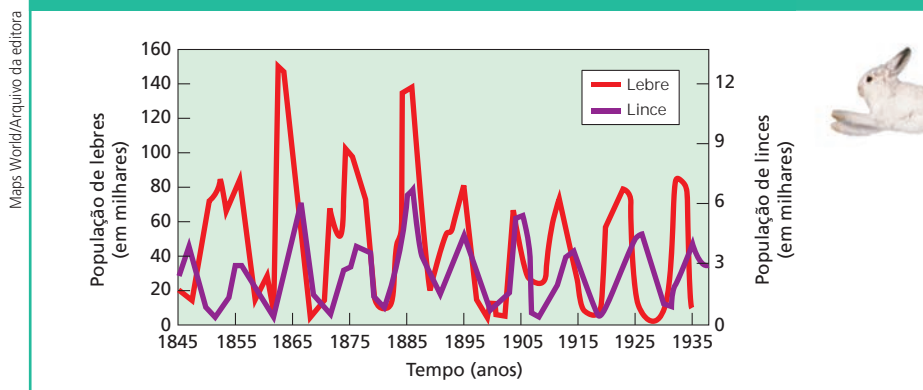
Maps World/Arquivo da editora

Fonte: MADER, S. S. *Concepts of Biology*. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2011, p. 760.

Predação

A **predação**, ou **predatismo**, é uma relação ecológica envolvendo um animal predador e sua presa. É, portanto, uma relação de alimentação, em que o predador mata a presa para dela se alimentar. Vamos analisar um exemplo de como a predação funciona no equilíbrio de populações.

No gráfico a seguir são apresentados dados obtidos no Canadá, de 1845 a 1935, sobre a quantidade de lebres e linces (um felino) observados em uma região.

Variações no tamanho das populações de lebres e linces na baía de Hudson, Canadá, durante noventa anos

Maps World/Arquivo da editora

Fonte: CAMPBELL, N. A. et al. *Campbell Biology*. 9. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2011, p. 1185.

Joe McDonald/Corbis/ Latinstock

Lince perseguindo uma lebre, na região nordeste do Canadá. O lince mede cerca de 90 cm de comprimento.

Quando a população de lebres crescia, o número de linces também passava a aumentar. A explicação para isso é que com mais alimento, um número maior de linces tem a chance de sobreviver e se reproduzir. No entanto, com o aumento do número de linces, a quantidade de lebres diminuía, pois elas eram mais predadas. Nessa situação, a população de predadores estava exercendo controle sobre o crescimento da população de presas.

Com um número menor de lebres, havia menos alimento para os linces, e a população dessa espécie diminuía. Nessa situação, era a população de presas que estava exercendo controle sobre o crescimento da população de predadores (veja o quadro *Atenção*, ao lado).

Em qualquer ecossistema em equilíbrio, é possível existir relação semelhante entre as populações de presas e predadores.

ATENÇÃO

Diversos fatores, entre eles a disponibilidade de alimento e a presença de outros predadores, parecem influenciar também a **densidade das populações de lebre** da região estudada. Estudos recentes evidenciaram que populações isoladas dessa espécie de lebre apresentam o mesmo padrão de variação na densidade populacional ao longo dos anos, não sendo, portanto, regulada apenas pelo tamanho da população de linces. No caso dos linces, como as lebres são suas principais presas, acredita-se que a relação presa-predador seja o principal fator que regula o tamanho populacional. Este é um exemplo interessante do dinamismo e da complexidade dos ecossistemas.

Parasitismo

O **parasitismo**, relação entre parasitas e hospedeiros, é semelhante à predação quando nos referimos ao controle das populações que estão interagindo. A relação entre um parasita e o hospedeiro é específica, ou seja, um determinado parasita só se hospeda em organismos de uma espécie, ou um grupo de espécies. O carrapato do cão, por exemplo, não é parasita do ser humano.

Se o número de hospedeiros aumenta, aumentam também as chances de crescimento populacional do parasita. Por outro lado, uma diminuição na população do hospedeiro resulta na redução da população do parasita.

O parasitismo como fator que regula o tamanho populacional é utilizado no controle biológico de pragas. Para combater uma superpopulação de lebres, por exemplo, poderia se disseminar um vírus que atingisse esses animais, reduzindo sua população.

REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DE BIOLOGIA

3 Interações ecológicas

Os ecossistemas são dinâmicos, sendo esse dinamismo representado por uma relação permanente entre todos os seus componentes, tanto os bióticos como os abióticos.

O resultado final de todas essas relações é um equilíbrio que promove a preservação do ecossistema. Esse equilíbrio inclui a preservação de todas as populações ali existentes.

Vamos tratar das interações entre os seres vivos de uma comunidade. Algumas populações mantêm relações bem evidentes entre si. É, por exemplo, o que acontece quando um jacaré se alimenta de um peixe: a relação entre o jacaré e o peixe é muito evidente, pois o jacaré mata o peixe.

Essa relação entre o jacaré e o peixe é um exemplo de predação, que, como já vimos, faz parte do equilíbrio que existe na comunidade e em todo o ecossistema. A predação é um tipo de **interação ecológica**, mas existem muitos outros. Para melhor entendimento dos diferentes tipos de interações ou **relações ecológicas**, vamos dividi-las em dois grupos:

- **relações harmônicas** ou interações positivas;
- **relações desarmônicas** ou interações negativas.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

A relação ecológica mostrada nesta foto é a **predação**, sendo o jacaré o predador e o peixe, a presa. O jacaré-do-pantanal pode medir até 2,5 m de comprimento.

Você deve ter sempre em mente que essa classificação se aplica ao que ocorre entre indivíduos, pois o resultado final para o equilíbrio das populações é sempre positivo.

Todas as interações, positivas e negativas, podem ser intraespecíficas e interespecíficas. **Relações intraespecíficas** são as que ocorrem entre indivíduos da mesma população e, portanto, da mesma espécie, e **relações interespecíficas** são as que ocorrem entre indivíduos de espécies diferentes.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Abelhas-operárias e abelha-rainha (à direita, com o abdômen maior), em uma colmeia. Esses insetos vivem em **sociedade**. A abelha-operária mede cerca de 10 mm de comprimento.

3.1 Relações intraespecíficas

Sociedade e colônia

Na **sociedade**, indivíduos da mesma espécie, convivendo em uma população, relacionam-se de forma harmoniosa, ocorrendo divisão de trabalho. Entre as abelhas, por exemplo, existem o zangão (macho) e a rainha (fêmea), destinados à reprodução. Existem ainda numerosas operárias, fêmeas sem função reprodutiva, que constroem a colmeia e executam os demais trabalhos, como coleta de néctar e produção do mel.

Além das populações de abelhas, as dos outros insetos sociais, como os cupins e as formigas, também são exemplos de sociedades.

Existem casos em que os indivíduos mantêm entre si uma relação intraespecífica harmônica e vivem unidos, constituindo uma **colônia**. Em algumas colônias, o grau de união é tão grande que se torna difícil distinguir os diversos indivíduos que a compõem. Podem existir indivíduos com diferentes funções e a colônia funciona como um organismo.

Um exemplo de colônia é o dos falsos corais e dos corais verdadeiros. Eles são formados por minúsculos indivíduos, os pólipos, que produzem e liberam substâncias mineralizadas. Essas substâncias constituem a estrutura rígida que serve de sustentação para a colônia.

Osmar José Luiz Jr/Acervo do fotógrafo

Ricardo Cavalcante/Kino

Coral-cérebro de Abrolhos (*Mussismilia braziliensis*) com cerca de 20 cm de diâmetro, fotografado em Abrolhos (BA). Trata-se de uma **colônia** séssil, formada por milhares de pequenos pólipos, mostrados no detalhe.

Canibalismo e competição intraespecífica

Nem sempre as relações intraespecíficas são harmônicas. Em alguns casos são desarmônicas. É o que acontece no canibalismo e na competição intraespecífica.

Ocorre **canibalismo** quando um indivíduo mata outro da mesma espécie, para dele se alimentar. Na **competição intraespecífica**, dois ou mais indivíduos da mesma população disputam o mesmo recurso do meio, que não existe em quantidade suficiente para os dois. É o caso da disputa por alimento ou pelo território, que comentamos anteriormente.

A competição por alimento dentro de uma mesma população torna-se cada vez mais acirrada à medida que diminui a relação entre a quantidade de alimento disponível e o número de indivíduos dessa população. A competição pode ser também por espaço ou território e, em todos os casos, é um importante mecanismo no controle da densidade populacional.

Populações animais muito numerosas, em relação aos recursos do meio, acabam desencadeando uma competição acirrada que pode levar a alterações de comportamento. Observações diretas e experimentais têm registrado um estado de verdadeiro estresse e "desequilíbrio nervoso" em alguns animais, como ratos e coelhos, que os levam a disputas mortais.

Entre os animais, existe ainda a competição entre membros de uma população por parceiros na época de reprodução.

CURIOSIDADE

Canibalismo é um termo que vem de canibal, uma alteração de caribal, que por sua vez provém de cariba, nome de indígenas das Antilhas que comiam outros seres humanos.

O canibalismo praticado por seres humanos recebe o nome especial de antropofagia (*antropo* = homem, ser humano; *fagia* = comer). Para algumas etnias indígenas, o hábito fazia parte de determinados rituais e não era praticado comumente para a alimentação.

ajman/Shutterstock

Elefantes machos em luta, comportamento associado com a **competição intraespecífica**. Eles podem estar disputando uma fêmea ou um território. O elefante-africano pode chegar a 4 m de altura.

Dr. Jeremy Burgess/Science Photo Library/Latinstock

Líquen alaranjado crescendo sobre um mural de pedra. Os liquens são associações mutualísticas entre fungos e algas.

3.2 Relações interespecíficas ou simbioses

O termo simbiose, que etimologicamente significa "vidas unidas", ou "viver juntos", é utilizado para todos os tipos de relações interespecíficas, ou seja, toda interação, positiva ou negativa, entre indivíduos de espécies diferentes cujas populações fazem parte de uma mesma comunidade.

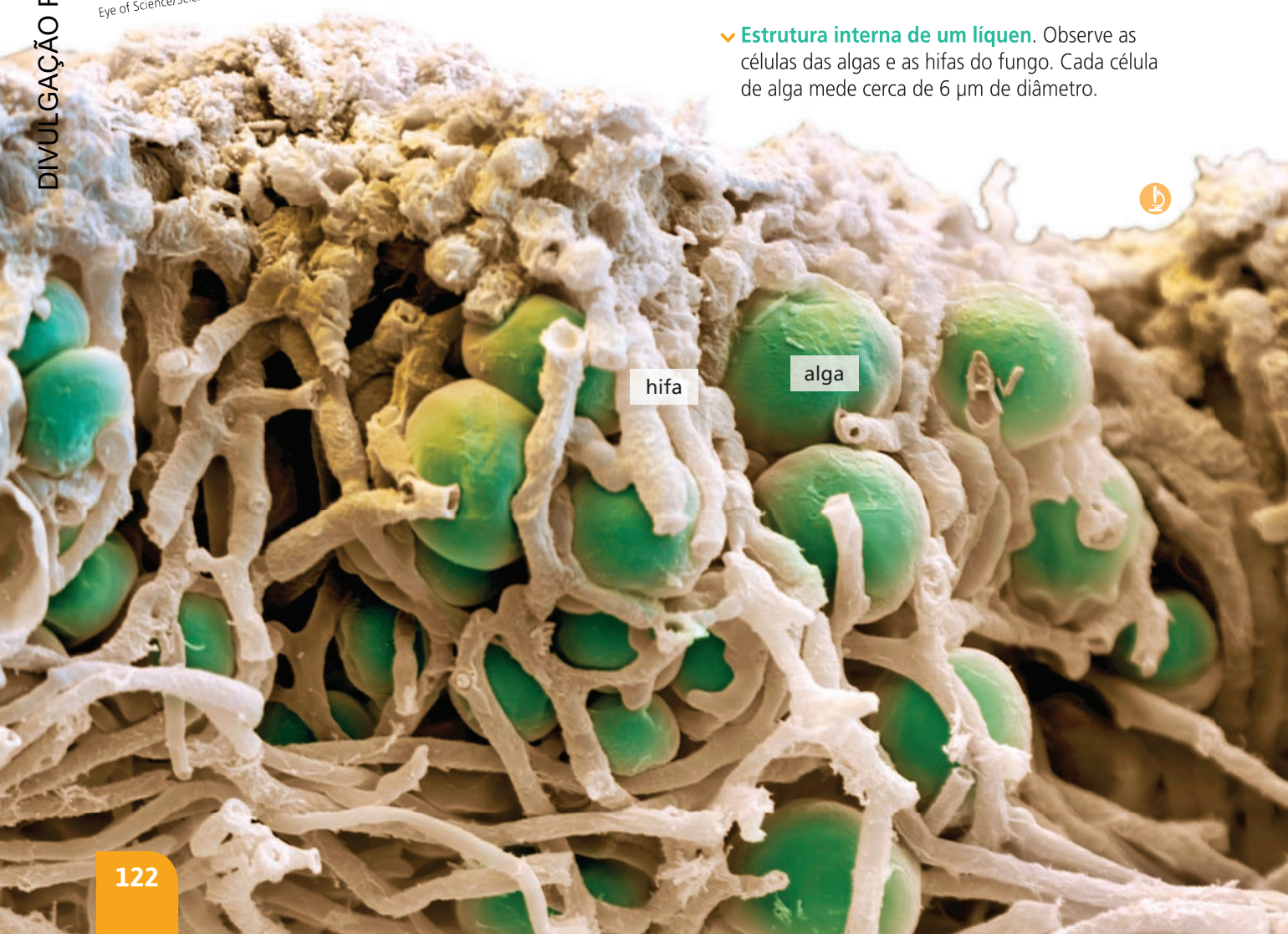
Embora tenha sido criado nesse mesmo sentido, por De Bary, em 1879, por algum tempo foi utilizado erroneamente para designar apenas a união íntima entre algas e fungos, que constitui o **líquen**. Vamos comentar alguns casos de simbiose.

Mutualismo e protocooperação

O **mutualismo** e a **protocooperação** são dois casos de associação em que os indivíduos participantes se beneficiam mutuamente, ou seja, constituem relações harmônicas. Diferem entre si porque no mutualismo a associação é de interdependência, chegando a ser íntima em alguns casos, enquanto na protocooperação os indivíduos participantes não dependem da união, podendo viver separadamente.

Um dos melhores exemplos de mutualismo é o dos liquens, associações extremamente íntimas entre determinadas algas e determinados fungos.

Eye of Science/Science Photo Library/Latinstock

Estrutura interna de um líquen. Observe as células das algas e as hifas do fungo. Cada célula de alga mede cerca de 6 μm de diâmetro.

hifa

alga

Os fungos que participam dos liquens possuem o corpo organizado em filamentos (hifas) muito finos. As algas unicelulares vivem entre as hifas. Existem também liquens formados pela associação de fungos e cianobactérias (grupo de bactérias fotossintetizantes, antigamente chamadas "algas azuis").

As algas fazem fotossíntese, produzindo matéria orgânica, que é consumida pela alga e pelo fungo; o fungo absorve sais minerais e água do ambiente, mantendo a umidade entre seus filamentos e, assim, protegendo a alga contra o dessecamento.

A associação entre a alga e o fungo é tão íntima que se formam estruturas microscópicas, chamadas **sorédios**, por meio das quais o líquen se reproduz.

No início deste capítulo, mostramos um exemplo de protocooperação: a relação entre o camarão-limpador e a moreia, um dos animais que se beneficia da limpeza que ele promove, retirando restos de alimentos.

Sorédio

hifa do fungo

alga

Luis Moura/Arquivo da editora

Esquema de **sorédio**, estrutura de propagação do líquen, baseado em observações ao microscópio.

Um dos casos mais conhecidos de protocooperação é o da associação entre a anêmona-do-mar e o paguro. A anêmona-do-mar é um animal do grupo dos cnidários, que se apresenta sob a forma de pólipo com numerosos tentáculos que, quando abertos, dão ao animal a impressão de tratar-se de uma flor, razão pela qual as anêmonas são conhecidas popularmente como "flor-das-pedras". Normalmente, as anêmonas vivem fixas ao substrato, que é constituído principalmente pelas rochas.

O paguro é um crustáceo parecido com os caranguejos, mas com parte do corpo mole, que costuma proteger-se de predadores entrando em conchas vazias de caramujos. Ele é onívoro, podendo alimentar-se de seres do plâncton, mariscos e outros pequenos invertebrados.

As anêmonas e os paguros vivem independentes um do outro, mas frequentemente o paguro transporta uma ou mais anêmonas sobre a concha onde vive, passando a ter uma associação em que ambos se beneficiam.

Nessa interação, a anêmona consegue alimento fácil, coletando com seus tentáculos os restos de presas consumidas pelo paguro. O paguro também se beneficia, pois a anêmona possui células produtoras de substância urticante em seus tentáculos e, com isso, afugenta eventuais predadores.

1,5 cm

Oxford Scientific/Getty Images

Paguro dentro de concha vazia de caramujo, com anêmona aderida à concha. A associação do paguro com a anêmona-do-mar é um exemplo de protocooperação.

Veja mais informações no Manual a respeito do paguro.

Georgette Douwma/Science Photo Library/Latinstock

Pepino-do-mar e fierásfer

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Fierásfer dentro do corpo de um pepino-do-mar, um animal marinho que pertence ao mesmo grupo das estrelas-do-mar (grupo dos equinodermos). O pepino-do-mar mede cerca de 15 cm de comprimento. No detalhe, uma fotografia mostrando a cabeça do peixe na boca de um pepino-do-mar. A relação entre esses dois seres vivos é um exemplo de inquilinismo.

Comensalismo e inquilinismo

Alguns seres vivos costumam associar-se a indivíduos de outra espécie, em busca de alimento ou proteção. Em ambos os casos, embora se beneficiem, não causam prejuízo algum aos indivíduos aos quais se associam, que também em nada se beneficiam.

Quando a associação se faz em busca de alimento, recebe o nome de **comensalismo** e quando se faz em busca de proteção ou abrigo recebe o nome de **inquilinismo**. Os casos de comensalismo e inquilinismo são considerados como relações harmônicas.

Um pequeno peixe chamado fierásfer, por exemplo, penetra frequentemente o corpo do pepino-do-mar, de onde sai em busca de alimento e para onde volta após se alimentar.

A associação entre o fierásfer e o pepino-do-mar é um exemplo típico de inquilinismo, pois o peixe busca apenas abrigo, uma vez que se alimenta fora do corpo do pepino-do-mar que, por sua vez, em nada é beneficiado ou prejudicado pelo peixe.

Entre plantas, também existem interações semelhantes. Algumas plantas vivem sobre outras, que usam apenas como substrato, sem retirar da hospedeira nenhum tipo de alimento.

Essas plantas são conhecidas como **epífitas** (*epi* = sobre; *fita* = planta). Bons exemplos delas são diversas espécies de orquídeas e de bromélias.

As orquídeas epífitas são, por muitos, conhecidas como "parasitas", tratando-se de evidente erro, pois elas apenas vivem sobre outra, explorando apenas o espaço, "em busca de luz" e em nada prejudicando a planta hospedeira.

As epífitas são, como as plantas em geral, autótrofas, realizando normalmente a fotossíntese, utilizando água que retira, com suas raízes, da umidade do ar ou junto à superfície externa do corpo da hospedeira.

Exemplo de epífita: **orquídea** florida sobre tronco de árvore.

Enrico Marone/Pulsar Imagens

No caso do comensalismo, a relação é em busca de alimento, como o verificado na relação entre peixes-pilotos que nadam ao lado do tubarão. Eles se alimentam de restos de presas que escapam da boca do tubarão. Para o tubarão, a presença do peixe-piloto é indiferente, isto é, ele não é beneficiado ou prejudicado com tal interação.

Louise Murray/Science Photo Library/Latinstock

Tubarão-galha-branca (*Carcharhinus longimanus*) nadando rodeado por **peixes-pilotos**. Os tubarões desta espécie medem cerca de 3 m de comprimento.

CURIOSIDADE

Os peixes-pilotos têm esse nome porque frequentemente nadam acompanhando tubarões, fato que motivou, principalmente entre pescadores, a crença, desprovida de fundamento científico, de que eles guiam os tubarões na água.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Ariranha (*Pteronura brasiliensis*) alimentando-se de um peixe capturado por ela. A ariranha é um predador, que pertence à mesma família das lontras e vive no Pantanal e em rios da Amazônia. Mede cerca de 1,60 m de comprimento.

Predatismo e herbivoria

Predatismo, ou **predação**, é um tipo de relação interespecífica em que um indivíduo mata o outro para se alimentar. Você já viu alguns exemplos neste livro. Entre os predadores mais conhecidos destacam-se os mamíferos carnívoros, como a onça, a ariranha, o gato, a lontra, o lobo, a foca, o cachorro e tantos outros. O predatismo é uma relação desarmônica, pois envolve a morte da presa; no entanto, é fundamental para o equilíbrio das populações.

A **herbivoria** é um tipo de relação interespecífica e desarmônica que envolve um animal herbívoro e a planta da qual ele se alimenta. Quando o animal mata a planta ao se alimentar, ou destrói suas sementes, alguns autores consideram um caso de predação.

Parasitismo

O **parasitismo**, como já vimos, é uma relação interespecífica em que indivíduos de uma espécie instalam-se no corpo de indivíduos de outra espécie, do qual retiram alimentos, prejudicando o hospedeiro.

Os indivíduos que se instalam em outros são chamados **parasitas** e aqueles que os abrigam são os **hospedeiros**.

Entre as plantas parasitas, o grande exemplo brasileiro é o cipó-chumbo (gênero *Cuscuta*), que pode ser observado sob forma de numerosos fios amarelados enrolados na planta hospedeira.

O cipó-chumbo tem cor amarelada, é desprovido de clorofila, não realiza fotossíntese, sendo, portanto, incapaz de produzir o próprio alimento como fazem as plantas em geral. Ele emite pequenas raízes que penetram o caule da hospedeira, chegando às estruturas (vasos liberianos ou crivados) onde circulam os nutrientes orgânicos (seiva elaborada).

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Cipó-chumbo (*Cuscuta racemosa*), planta parasita desprovida de folhas e de clorofila. Ela tem o aspecto de fios amarelos emaranhados na planta hospedeira.

Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

erva-de-passarinho

^ **Erva-de-passarinho** crescendo sobre uma árvore.

Outra planta da flora brasileira com característica de parasitismo é a erva-de-passarinho. Como o cipó-chumbo, ela também vive sobre uma hospedeira. No entanto, possui folhas verdes e faz fotossíntese, retirando da planta hospedeira a seiva bruta, de onde obtém a água de que necessita. Por não retirar seiva elaborada, que contém a matéria orgânica, a erva-de-passarinho não é considerada parasita verdadeiro e sim hemiparasita (*hemi* = quase; meio).

Os exemplos de plantas parasitas são pouco numerosos, estando o parasitismo difundido principalmente entre os animais e os micro-organismos.

Os parasitas tanto podem localizar-se dentro quanto fora do corpo do hospedeiro, sendo, então, classificados em **endoparasitas** e **ectoparasitas**.

Entre os parasitas do ser humano, podemos citar alguns exemplos: piolho do cabelo, vírus da gripe, vírus da aids, carrapato, lombriga, certas amebas, cravo da pele, bicho da sarna, solitária, bacilo da tuberculose e bacilo do tétano.

Os parasitas são causadores de doenças e dizemos que são **patogênicos**. Algumas doenças são mais graves do que outras, mas todas comprometem o funcionamento normal do organismo e, por isso, todo doente precisa ser tratado, independentemente da gravidade da doença.

PENSE E RESPONDA

a. Consulte o glossário etimológico e verifique o significado de **endoparasita** e **ectoparasita**.

b. Você certamente já ouviu falar dos parasitas mostrados nas imagens ao lado, ou pelo menos de alguns deles. Classifique-os, no caderno, em endoparasitas e ectoparasitas.

a) Endoparasitas: ocorrem no interior do hospedeiro (endo = interno); ectoparasitas: ocorrem na superfície do hospedeiro (ecto = externo).
b) Endoparasitas: *Trypanossoma cruzi*, HIV, bactéria causadora do tétano, lombriga. Ectoparasitas: carrapato, piolho, pulga.

Cynthia Goldsmith/CDC

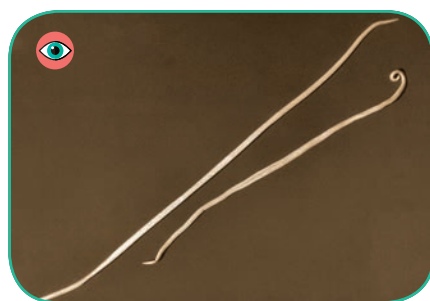
HIV, o vírus da aids, mede cerca de 100 nm de diâmetro. Visível apenas ao microscópio eletrônico.

CDC

Protozoários da espécie *Trypanosoma cruzi*, causadores da doença de Chagas (medem cerca de 0,10 mm de comprimento).

CDC

Bactérias da espécie *Clostridium tetani*, causadoras do tétano (têm comprimento inferior a 5 µm).

CDC

^ Casal de **lombrigas**. A fêmea, maior que o macho, mede cerca de 40 cm de comprimento.

Latinstock/Visuals Unlimited/Corbis

Carrapato, em jejum (cerca de 3,5 mm de comprimento).

CDC

Pulga (cerca de 3,0 mm de comprimento).

James Gathany/CDC

Piolho (cerca de 2,5 mm de comprimento).

Competição interespecífica e antibiose

Conforme vimos anteriormente, neste capítulo, a competição entre duas populações geralmente se estabelece em uma comunidade quando o nicho ecológico dessas duas populações é o mesmo ou muito semelhante. A semelhança ou a igualdade de nicho ecológico significa que as populações envolvidas disputam os mesmos recursos do meio. Caso esses recursos não sejam suficientes para a manutenção das populações, elas entram em **competição**. Considerando populações de espécies diferentes, a competição é interespecífica.

Considere como exemplo de ecossistema uma lagoa, onde cada nível de profundidade abriga diferentes organismos. Muitas aves, de diferentes espécies, vivem à margem das lagoas e penetram a água, caminhando sobre o solo subaquático, em busca de alimento.

Como a profundidade da lagoa vai aumentado aos poucos a partir das margens, as aves que possuem pernas mais longas conseguem obter alimento em níveis mais profundos. Dessa forma, embora estejam em um mesmo lugar, alimentando-se nas águas rasas da lagoa, as aves com diferentes comprimentos de pernas não competem diretamente entre si, pois possuem nichos ecológicos diferentes, obtendo alimento em profundidades distintas.

Em certos ecossistemas, podemos observar que as árvores de determinada espécie de planta se desenvolvem muito bem, em alguns casos guardando razoável distância entre elas. Essa característica pode ser explicada pelo fato de que as folhas e os ramos em decomposição liberam determinadas substâncias que inibem a germinação e o crescimento de outras espécies vegetais. Têm sido descritos também casos de raízes que liberam substâncias inibidoras, prejudicando o desenvolvimento de plantas concorrentes.

O fenômeno descrito é conhecido por **antibiose** e pode ser observado também entre seres microscópicos, como é o caso muito conhecido e muito bem estudado dos fungos produtores de substâncias que impedem a reprodução de bactérias. Essas substâncias são os **antibióticos**, largamente utilizados em Medicina no combate a infecções causadas por bactérias.

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

Vocês podem observar exemplos de competição entre aves, montando um comedouro em certo local da escola ou do bairro. Reaproveitando materiais, como garrafas PET ou bandejas plásticas, disponham alimentos como mamão, sementes de girassol e outros, para atrair pássaros. Escolham um momento para fazer a observação. Vocês devem ficar em silêncio e podem utilizar binóculos para ver os detalhes. Anotem ou registrem com fotos as evidências de competição por alimento entre os pássaros que frequentarem o comedouro.

Veja comentários no Manual.

Comunidade em uma lagoa

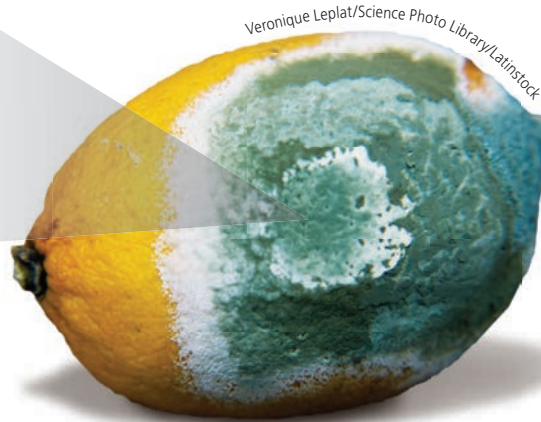
Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Esquema de um ecossistema, a lagoa, onde vivem **aves com diferentes nichos ecológicos**.

E. Gueho/Science Photo Library/Latinstock

5 µm

Penicillium notatum: região produtora de esporos. Este fungo libera uma substância – a penicilina – que impede o desenvolvimento de bactérias.

Veronique Leplat/Science Photo Library/Latinstock

Limão apresentando colônia do fungo ***Penicillium notatum*** em sua casca.

ATIVIDADE PRÁTICA

ALERTA
A atividade deve ser feita apenas sob a supervisão do professor.

Teste para verificar a interação ecológica entre duas espécies de plantas

Reúna-se com sua equipe e, sob orientação do professor, realize a atividade proposta e depois responda às questões.

Material necessário

- 3 vasos de igual tamanho, contendo terra e mudas pequenas de plantas (preparados previamente pelo professor);
- 3 pratos ou bandejas para coletar água do vaso;
- régua ou fita métrica;
- lente de aumento (lupa de mão);
- etiquetas para identificar os vasos;
- material para anotação;
- papel milimetrado ou quadriculado.

Procedimentos

1. Você e sua equipe devem receber 3 vasos. Em um deles plantem apenas mudas da espécie A, no outro vaso apenas mudas da espécie B, e no terceiro vaso devem ser plantadas mudas de A e de B, em igual número.

Para a atividade, devem ser utilizadas mudas de uma planta de crescimento rápido, como o capim-gordura e o amendoim-forrageiro; a outra planta deve ser uma mais delicada, de crescimento mais lento, como o orégano ou a lavanda. Veja mais comentários no Manual.

Vaso 1
Espécie A

Os vasos 1 e 2 correspondem ao controle do experimento. Permitem a comparação com o teste, que consiste em cultivar as espécies na mesma área.

Vaso 2
Espécie B

Vaso 3
Espécies A+B

Fotos: Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

Antes de prosseguir, converse a respeito das seguintes questões com seus colegas: Respostas pessoais.

- Nesse procedimento experimental, qual(is) vaso(s) corresponderia(m) ao grupo controle? Por quê?
- Considerando que os 3 vasos sejam mantidos sob as mesmas condições abióticas, você espera observar alguma diferença no desenvolvimento das plantas do terceiro vaso?

2. Coloquem os 3 vasos em local bem iluminado e sem perturbações. Diariamente, um membro da equipe deve checar os vasos e anotar os resultados observados. Se notar que o solo está seco, o mesmo volume de água deve ser colocado nos 3 vasos.

3. Desde o primeiro dia, vocês devem anotar a altura (comprimento) das plantas em cada vaso, utilizando uma régua para fazer a medida. Representem a distribuição e o aspecto das plantas nos vasos com um desenho. Realizem as observações durante 10 dias.

4. Organizem os dados coletados em uma tabela. Vocês podem utilizar o modelo abaixo como referência:

	Vaso com espécie A		Vaso com espécie B		Vaso com espécies A + B			
					A		B	
Folhas	Número	Comprimento médio (cm)	Número	Comprimento médio (cm)	Número	Comprimento médio (cm)	Número	Comprimento médio (cm)
Dia 1	####	####	####	####	####	####	####	####

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

5. Usando papel milimetrado e régua, construam um gráfico comparando a altura média das plantas em cada vaso.

Interpretando os resultados

a. Explique se foi possível observar diferenças no desenvolvimento das plantas das espécies A e B, quando cultivadas sozinhas ou no mesmo vaso.

b. Qual é o tipo de interação ecológica que se estabelece entre as plantas do terceiro vaso?

c. Sua hipótese inicial foi confirmada? Justifique sua resposta.

d. Se a observação comparativa entre as espécies A e B tivesse sido feita em ambiente natural (em uma mata ou bosque), os resultados observados seriam necessariamente os mesmos? Por quê?

e. Em um ecossistema, as populações de plantas interagem com diversos fatores ambientais, como disponibilidade de água, luminosidade, fertilidade do solo, herbivoria. Com seus colegas, escolha um fator para fazer uma nova investigação, verificando qual das duas espécies – A ou B – tem maiores chances de crescimento sob determinada condição. Elaborem um questionamento, uma hipótese e um teste e, se possível, executem o experimento, sob supervisão do professor. Ao final, relatem os resultados para as outras equipes, na forma de um seminário. Veja comentários no Manual.

Indo além

A fotografia ao lado mostra uma paisagem do Cerrado, localizada em uma área de proteção ambiental no Sul de Minas Gerais.

Esse local, aparentemente tão tranquilo, é na realidade uma área de intensa competição entre plantas de diferentes espécies. A grande ameaça ao equilíbrio ecológico da região é a presença de uma espécie invasora, o capim-gordura, que você pode ver em primeiro plano na foto.

João Prudente/Pulsar Imagens

Capim-gordura (*Melinis minutiflora*) em Gonçalves, MG.

As espécies nativas têm origem na própria área de ocorrência, sem a intervenção do ser humano. Um exemplo de planta herbácea nativa do Brasil é o amendoim-forrageiro, ou grama-amendoim, uma leguminosa muito utilizada em pastagens. As espécies invasoras, por sua vez, são exóticas, tendo sido introduzidas em um ambiente pelo ser humano, de modo intencional ou acidental. As plantas invasoras produzem prole fértil e numerosa, e suas populações têm o potencial de se espalhar por grandes áreas. O capim-gordura é uma gramínea nativa da África, e tem despertado a atenção de pesquisadores brasileiros, preocupados com a conservação biológica. No caso do Cerrado, o capim-gordura é a espécie que tem causado maior impacto sobre a flora nativa.

- Como você faria para verificar o impacto do capim-gordura sobre a população de uma determinada espécie nativa? Represente esquematicamente seu experimento.
- Há previsões de que o Cerrado seja praticamente eliminado das áreas não protegidas por lei, até 2030. Atualmente, cerca de 5,5% das áreas de Cerrado estão protegidas em Unidades de Conservação ou reservas indígenas. Com seus colegas, escrevam uma carta explicando por que as espécies invasoras podem diminuir a diversidade da flora do Cerrado, mesmo nas áreas protegidas. Vocês podem pedir auxílio ao professor de Português para revisão da carta e, depois, publiquem seu manifesto, encaminhando para jornal, rádio, revista, autoridades do Meio Ambiente etc.

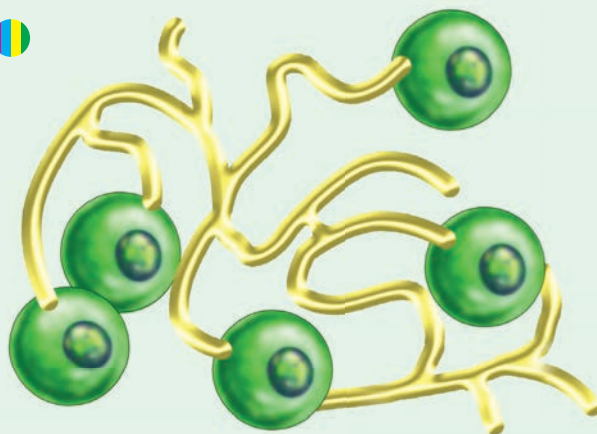
Veja comentários no Manual.
A fonte de consulta foi a dissertação "Capim-Gordura (*Melinis minutiflora*) no Parque Estadual da Serra do Rola-Moça – Impactos na comunidade de plantas, alterações no microclima, características do fogo e características reprodutivas", de Rafael Drumond Rossi, Univ. Federal de Minas Gerais, 2012.

Todo líquen é um caso de mutualismo?

Em nosso texto, os liquens foram apresentados como exemplos de mutualismo e foi explicado como a alga e o fungo se beneficiam nesse tipo de associação.

Mas será que todos os liquens são casos de mutualismo?

Em alguns liquens primitivos, os filamentos (hifas) do fungo penetram o interior das células da alga, retirando diretamente delas a matéria orgânica de que necessitam. Esses liquens não podem ser enquadrados nos casos de mutualismo, sendo casos típicos de parasitismo.

O estudo dos liquens, desde os mais primitivos até os mais recentes, sugere uma evolução das formas parasíticas para as formas mutualísticas.

Luis Moura/Arquivo da editora

Esquema representando **líquen** em que as hifas do fungo (filamentos amarelos) penetram o interior das células de algas.

Como foi a descoberta dos antibióticos?

A cura de doenças bacterianas não parece ser um tema muito próximo do estudo das interações ecológicas, não é mesmo? Mas o exemplo da penicilina vem nos mostrar que essas interações estão presentes em todos os ambientes, inclusive dentro do corpo humano. A presença de penicilina ou de outro antibiótico, administrado com prescrição médica, elimina bactérias patogênicas do organismo e pode curar doenças infecciosas por elas causadas.

E como foi a descoberta da penicilina? Na década de 1920, o cientista escocês Alexander Fleming dedicava-se ao estudo de infecções bacterianas. Ele descobriu uma enzima presente em algumas secreções do corpo humano, como lágrimas e saliva, com a propriedade de destruir bactérias. A esse antibiótico produzido naturalmente pelo corpo humano ele deu o nome lisozima.

Prosseguindo em seus estudos, Fleming mantinha em seu laboratório diversas placas com meio de cultura gelatinoso onde cresciam colônias de bactérias. Ele constatou que algumas placas foram contaminadas com colônias de um fungo. Esporos desse fungo, da espécie *Penicillium notatum*, atingiram as placas e ali se desenvolveram. Fleming observou, surpreso, que não havia bactérias crescendo ao redor dessas colônias.

Intrigado, Fleming resolveu investigar por que não havia bactérias próximas à colônia do fungo *Penicillium*. Ele conseguiu identificar e isolar uma substância com ação antibiótica, produzida e liberada por esse fungo. Fleming chamou esse antibiótico de penicilina, que até hoje é um dos medicamentos mais utilizados no combate a infecções de origem bacteriana. Antes da descoberta da penicilina, o número de mortes por infecções bacterianas era muito maior, pois não havia medicamentos com ação antibiótica.

Fleming ganhou muitos prêmios como reconhecimento pela importância de seu trabalho, entre eles o prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina em 1945.

colônia de *Penicillium*

área sem bactérias

colônia de bactérias

Bettmann/Corbis/Latinstock

Placa de cultura representando colônias de *Penicillium* e de bactérias.

1 Um exemplo real de desequilíbrio ecológico

Na década de 1960, a Organização Mundial da Saúde (OMS) aplicou, por via aérea, verdadeiras nuvens do inseticida DDT em extensas áreas da ilha de Bornéu, localizada no oceano Pacífico. Com isso, a OMS visava combater os pernilongos que transmitiam a malária, um grande problema de saúde no local.

Inicialmente, os resultados foram ótimos: como os transmissores foram combatidos, houve grande redução dos casos de malária.

Algum tempo depois, entretanto, dois grandes problemas começaram a surgir na ilha de Bornéu: houve um surto de ratos, e as casas dos nativos, que eram construídas com palha de coqueiro, começaram a cair.

Photos ToGo

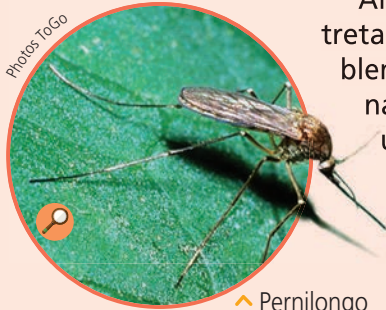
Pernilongo

Depois de muitas investigações, constataram que esses problemas estavam relacionados com a aplicação do DDT. Esse inseticida, além de matar os pernilongos, também afetava outros insetos, como abelhas, besouros e baratas. Os que não chegavam a morrer ficavam contaminados pelo DDT e com menor possibilidade de fugir de seus predadores: os lagartos. Ao ingerirem suas presas, os lagartos ficavam contaminados, pois o DDT tem a propriedade de se acumular nos tecidos e ao longo das cadeias alimentares. Esses lagartos ficavam mais lentos, tornando-se presas fáceis dos gatos, seus predadores. Ao ingerirem os lagartos contaminados, os gatos acabavam morrendo. Com a morte dos gatos, a população de ratos começou a aumentar, pois seus predadores haviam diminuído. Instalou-se assim a praga de ratos na ilha, o que fez com que a OMS introduzisse gatos de outros locais para o controle dos ratos.

Prensa Três

Gato

Ao mesmo tempo, com a redução do número de lagartos, começou a haver a proliferação de outro inseto que era comido pelo lagarto: uma espécie de barata que se alimenta principalmente de palha de coqueiro. As casas dos nativos, construídas com essa palha, começaram a cair, pois as baratinhas proliferaram excessivamente sem o seu predador. Para resolver esse problema, a OMS precisou levar para a ilha de Bornéu um tipo de lagarto que controlasse a população desses insetos.

Quem poderia imaginar que uma ação para combater a malária pudesse provocar o surto de ratos e a queda das casas?

Photodisc/Arquivo da editora

Lagarto

Dorling Kindersley/Getty Images

Rato

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

DEPOIS DA LEITURA...

a. Monte em seu caderno uma teia alimentar que envolva todos os animais da ilha de Bornéu citados neste texto.

b. Neste capítulo comentamos a respeito de alguns fatores que regulam o tamanho de uma população. Qual desses fatores estava envolvido no equilíbrio ecológico da ilha de Bornéu, afetado após a aplicação de DDT na ilha?

a) Produtor (planta) → insetos → lagartos → gatos (insetos → ratos → gatos). Os insetos citados são: pernilongos, abelhas, baratas e besouros.

b) O fator de controle populacional no caso descrito era a predação. Esse controle foi afetado com a aplicação de DDT na ilha de Bornéu.

2 Castanha-do-pará: mistérios resolvidos pelo estudo das interações ecológicas

A castanha-do-pará, semente da castanheira, é um dos principais produtos de exportação da Amazônia. Na língua inglesa, é chamada *Brazil nut* (castanha-do-brasil).

A castanheira é uma árvore de grande porte. Geralmente, são encontradas diversas castanheiras próximas, formando os "castanhais". Apenas depois de uma década, começam a florir e a frutificar. Cada fruto, chamado popularmente de "ouriço", tem cerca de 2 kg e pode conter até duas dezenas de sementes.

A biologia da castanheira sempre intrigou os cientistas e uma das perguntas a serem respondidas era: existe algum animal capaz de abrir um fruto tão resistente e se alimentar das sementes? Por enquanto, sabe-se de um animal capaz disso: o roedor conhecido como preá ou aguti, que se alimenta de algumas sementes e enterra outras. Entre 12 e 18 meses depois, algumas das sementes enterradas germinam e dão origem a novas castanheiras. Os preás atuam, dessa maneira, como dispersores da espécie.

Cientistas também verificaram outro fato intrigante: castanheiras cultivadas fora da mata raramente geram frutos, mesmo mantendo-se condições ideais de solo e nutrientes. Por que isso acontece?

A formação dos ouriços (frutos) e das sementes (castanhas) depende da polinização feita por certas abelhas. Elas visitam as flores da castanheira em busca de néctar, líquido açucarado produzido pela flor, e transportam os grãos de pólen de uma flor para outra. Entre as poucas espécies de abelhas capazes de entrar na flor de castanheira, uma delas é o principal polinizador. Os machos dessa espécie também visitam determinadas orquídeas que crescem sobre árvores da mata. No contato com essas orquídeas, a essência das flores fica no corpo do macho, o que atrai as fêmeas.

Assim, existem evidências de uma interdependência entre essas três espécies: a castanheira, a orquídea e as abelhas. Em áreas distantes da mata, não há orquídeas e, portanto, não há abelhas para visitar as flores de castanheira. Esta é considerada a explicação mais provável para a falta de frutos em castanheiras cultivadas fora da floresta.

Octavio Cardoso/Pulsar Imagens

Castanheira-do-pará (*Bertholletia excelsa*), árvore que mede 30 m a 50 m de altura.

Sônia Oddi/Olhar Imagem

Fruto "ouriço" aberto e sementes da **castanheira-do-pará**. As sementes descascadas são muito apreciadas como alimento.

Andrew Henderson/EOL

1,1 cm

Abelha visitando flor de castanheira-do-pará. Abelhas dessa espécie atuam como polinizadoras da castanheira.

DEPOIS DA LEITURA...

Faça uma lista das espécies mencionadas no texto e identifique as interações ecológicas entre elas.

Orquídea e árvore hospedeira: epifitismo. Orquídeas e abelhas: protocooperação. Castanheira e abelhas: protocooperação. Machos de abelha: competição. Abelhas de uma colmeia: sociedade. Castanheira e preá: protocooperação. Veja comentários no Manual.

3 Rio Doce: a trágica morte de um rio

No dia 5 de novembro de 2015, uma das barragens de uma empresa de mineração se rompeu, na região de Mariana, Minas Gerais. A barragem segurava um volume equivalente a 25 mil piscinas olímpicas de uma mistura de água, terra e rejeitos da mineração de ferro, com diversos compostos tóxicos. Com o rompimento da barragem, todo esse volume de lama tóxica rapidamente invadiu um distrito da cidade de Mariana, causando sua total destruição e a morte de 19 pessoas.

A lama tóxica chegou ao rio próximo, que desemboca no rio Doce. Desse ponto, seguiu até o mar, onde gerou uma enorme mancha marrom na água.

No trecho atingido, o rio Doce abrigava um diversificado ecossistema de água doce. Diversas aves alimentavam-se dos animais aquáticos. Embora em muitos trechos o rio estivesse apresentando redução em sua disponibilidade de peixes e destruição das matas ciliares, muitas comunidades de pescadores e tribos indígenas ainda dependiam do rio para o sustento. Além disso, cidades de Minas Gerais e do Espírito Santo banhadas pelo rio Doce usavam suas águas como fonte de água potável.

Todas essas interações envolvendo o rio Doce foram brutalmente interrompidas pelo terrível desastre ambiental causado pelo rompimento da barragem. As empresas responsáveis pela mineração no local foram responsabilizadas, mas, segundo relatório das Nações Unidas, ocorreu demora em providenciar água potável para as populações afetadas e falta de clareza quanto à informação de que os níveis de compostos tóxicos despejados no rio e no mar superaram os limites considerados aceitáveis.

Leonardo Merçon / Instituto Últimos Refúgios

Leonardo Merçon / Instituto Últimos Refúgios

Trecho do rio Doce antes e um mês depois do desastre ambiental.

Leonardo Merçon / Instituto Últimos Refúgios

Placa em comunidade pesqueira diretamente afetada pela lama que destruiu o rio Doce.

Fontes: NASA (Agência Espacial Norte-Americana). *Earth Observatory*. 30 nov. 2015. Disponível em: <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=87083>.
NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL – ONU-BR. *Desastre em Mariana*: Especialista da ONU pede "acesso urgente" à água segura para consumo. 08 dez. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/desastre-em-mariana-especialista-da-onu-pede-acesso-urgente-a-agua-segura-para-consumo/>. Acessos em: 17 jan. 2016.

DEPOIS DA LEITURA...

a. Identifique neste texto um trecho que justifique a seguinte afirmação: "A espécie humana faz parte da biosfera, participando das teias de relações ecológicas nos lugares onde existem suas populações".

b. Faça uma pesquisa para descobrir as notícias mais recentes a respeito do desastre ambiental envolvendo o rio Doce. Quais providências foram tomadas para conter os prejuízos ambientais e socioeconômicos? Qual é a situação das cidades e povoados afetados no momento? Quais medidas judiciais foram aplicadas aos responsáveis pela tragédia? Com as informações, escreva um texto em seu caderno.

a. "... muitas comunidades de pescadores e tribos indígenas ainda dependiam do rio para o sustento. Além disso, cidades de Minas Gerais e do Espírito Santo banhadas pelo rio Doce usavam suas águas como manancial, ou seja, como fonte de água potável."
b. Resposta pessoal, que vai depender da data em que as notícias forem obtidas.

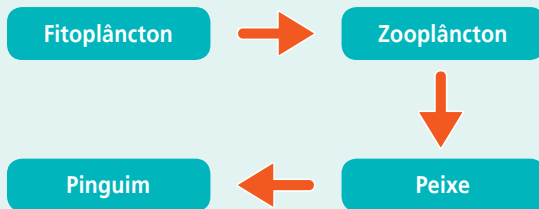
FAÇA NO CADERNO. NÃO ESCREVA EM SEU LIVRO.

ATIVIDADES

1. a) A população de pinguins poderia entrar em declínio, pois a oferta de alimento estaria reduzida.
1. b) As populações que compõem o zooplâncton cresceriam, pois seriam menos predadas.

Revendo e aplicando conceitos

1. Considere a seguinte cadeia alimentar, que ocorreria na Antártida:

Fitoplâncton → Zooplâncton → Peixe → Pinguim

Considerando hipoteticamente não haver outros animais e outras cadeias envolvidas, formando uma teia alimentar, responda às questões seguintes, justificando suas respostas:

a. O que aconteceria à população de pinguins caso a população de peixes diminuísse devido à pesca ilegal?

b. O que aconteceria às populações que compõem o zooplâncton caso a população de peixes diminuísse devido à pesca predatória ou a outro fator eventual?

2. No sistema digestório de alguns ruminantes vivem protozoários que possibilitam a digestão da celulose, presente nas plantas ingeridas por aqueles mamíferos. Esses protozoários nutrem-se com produtos da digestão realizada pelos ruminantes. Como regra geral a celulose não é digerida no sistema digestório dos vertebrados, incluindo-se o ser humano.

2. Mutualismo, uma relação interespecífica harmônica.

Como você classificaria a associação descrita, entre os protozoários e os ruminantes, sabendo que a interação entre eles é permanente e obrigatória?

3. Em ambientes hostis, onde animais ou plantas encontrariam dificuldades para sobreviver, é comum existirem liquens. Um exemplo é a superfície de rochas nuas, onde não há solo. Por essa capacidade, os liquens são conhecidos como seres pioneiros na colonização de um ambiente hostil aos outros seres vivos.

a. Justifique essa capacidade de sobrevivência dos liquens em ambientes hostis, baseando-se em suas características.

b. Qual relação ecológica ocorre entre organismos do líquen? Conceitue esta interação.

4. É comum observarmos certas aves pousadas no dorso de bois e cavalos, alimentando-se dos carrapatos que vivem entre os pelos desses mamíferos. No entanto, os pássaros também possuem outras fontes de alimento e não dependem exclusivamente dos carrapatos para sua sobrevivência. Sobre essa situação, responda:

3. a) Liquens são formados por algas e fungos. As algas produzem matéria orgânica pela fotossíntese. Os fungos alimentam-se dessa matéria e fornecem abrigo e umidade às algas.
3. b) Mutualismo: relação interespecífica harmônica em que as espécies envolvidas se beneficiam, apresentando interdependência.

5. O comentário está incorreto, pois a relação entre árvores e orquídeas é o epifitismo, e não o parasitismo. As orquídeas se apoiam na planta hospedeira e produzem seu alimento por fotossíntese.

a. Qual é a relação ecológica que existe entre carrapato e boi? Justifique.

4. a) Parasitismo, pois o carrapato comporta-se como um ectoparasita ao retirar do organismo do boi seu alimento.

b. Qual é a relação ecológica que existe entre pássaro e carrapato? Justifique.

4. b) Predatismo, pois o pássaro mata os carrapatos e deles se alimenta.

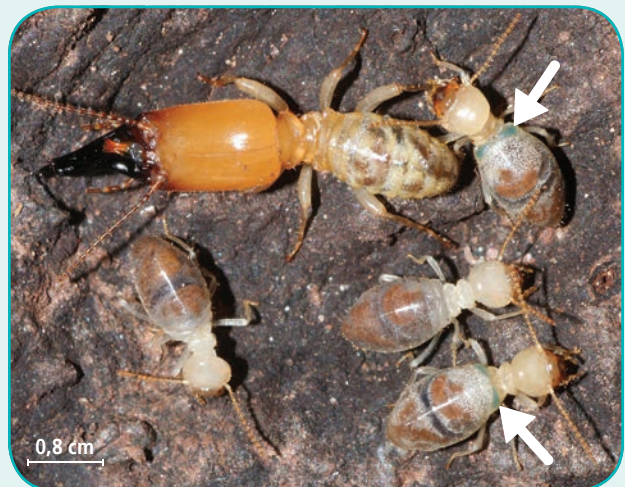
c. Qual é a relação ecológica que existe entre pássaro e boi? Justifique.

4. c) Protocooperação: o pássaro obtém alimento e o boi fica livre dos parasitas. Por não ser uma relação permanente, não é um caso de mutualismo.

5. *Não gosto de orquídeas crescendo nas árvores do meu jardim. Elas são plantas parasitas.*

Discuta o comentário acima, explicando qual é a relação ecológica que existe entre árvores e orquídeas.

6. Você já ouviu falar em "cupins-bomba"? Em 2012, cientistas europeus descobriram uma espécie de cupim (*Neocapritermes taracua*), encontrada em florestas tropicais da Guiana Francesa, em que indivíduos mais velhos da população acumulam toxinas em uma "bolsa" localizada em seu dorso. Além das toxinas, a estrutura acumula cristais sólidos de cor azulada e essa "bolsa" cresce ao longo da vida do inseto. Assim, os membros mais velhos da população podem "explodir" ao serem atacados por predadores, lançando sobre eles os cristais e as toxinas.

0,8 cm

R. Hanus/Acervo do fotógrafo

Cupins da espécie *N. taracua*. Veja em dois indivíduos a "bolsa" que acumula toxinas (setas).

Agora responda:

a. A relação entre os cupins de um mesmo cupinzeiro é intraespecífica ou interespecífica?

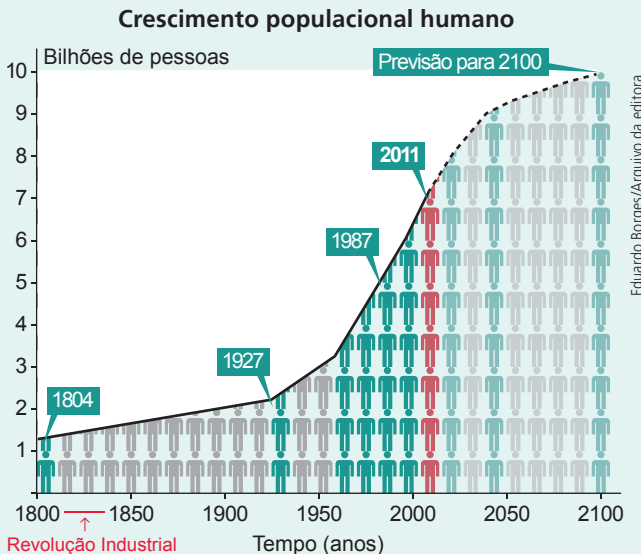
b. Explique as características dessa interação ecológica.

c. Faça uma pesquisa, em livros e *sites*, a respeito de outro inseto social. Escreva um texto na forma de reportagem, apresentando dados curiosos a respeito dele.

6. a) Intraespecífica.
6. b) Sociedade: organização dos indivíduos da mesma espécie, com divisão de tarefas.
6. c) Formigas, abelhas e vespas são exemplos de insetos sociais. Veja subsídios no Manual.

7. Não. A partir da Revolução Industrial a interferência do ser humano no ambiente tornou-se mais intensa, promovendo melhorias que aumentavam as condições de sua sobrevivência e diminuíam a resistência do meio.

Trabalhando com gráficos

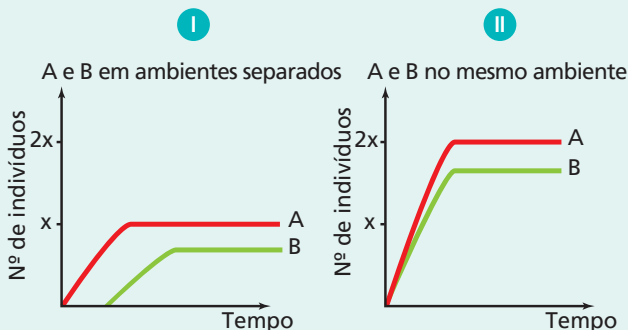
7. Veja o gráfico que mostra o crescimento da população humana a partir do século XIX – época em que ocorreu a chamada Revolução Industrial.

Crescimento populacional humano

Fonte: ONU. Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2011/10/111026_analise_populacao_ebc_rc_shtml>. Acesso em: 05 fev. 2016.

A população humana apresenta-se estável, em equilíbrio com o meio? Que fatores seriam os responsáveis por essa situação?

8. Analise a interação ecológica entre os organismos *A* e *B*, pertencentes a espécies distintas, baseando-se nas informações e nos gráficos abaixo.

Em I, estão os dados referentes ao crescimento das populações *A* e *B* quando estavam em ambientes isolados. Em II, estão os dados obtidos quando *A* e *B* estavam ocupando o mesmo ambiente e passaram a interagir.

Qual é o tipo de relação ecológica entre *A* e *B* quando estão ocupando o mesmo ambiente? Justifique e dê um exemplo real em que este tipo de relação pode ser observado.

8. Trata-se de uma relação harmônica como a protocooperação, pois as duas populações crescem quando estão interagindo. Veja mais comentários no Manual.

9. A tabela a seguir traz dados sobre a estrutura etária da população humana de um país fictício. Considere, por simplificação, que o número de homens e de mulheres é igual para cada faixa etária.

Faixa etária	Número de indivíduos
75 – 79	4000
70 – 74	6000
65 – 69	8000
60 – 64	10000
55 – 59	12000
50 – 54	10000
45 – 49	14000
40 – 44	16000
35 – 39	20000
30 – 34	24000
25 – 29	26000
20 – 24	24000
15 – 19	22000
10 – 14	20000
5 – 9	22000
0 – 4	22000

9. a) Veja a pirâmide de estrutura etária no Manual.

a. Utilizando papel quadriculado ou milimetrado, construa uma pirâmide da estrutura etária desta população fictícia. No eixo vertical, indique as faixas etárias que constam da tabela. No eixo horizontal, deve ser indicado o número de indivíduos para cada faixa etária. Para isso, você pode estabelecer 3 pontos de referência: 5 000, 10 000 e 15 000 indivíduos. Lembre-se de que na pirâmide devem estar indicadas as populações feminina e masculina.

9. b) O gráfico mostrado no enunciado representa a população com taxa de crescimento superior àquela da questão "a", pois a maior parte da população é jovem.

b. Compare a pirâmide que você obteve com a do exemplo a seguir. Qual das duas populações deve apresentar taxa de crescimento maior? Por quê?

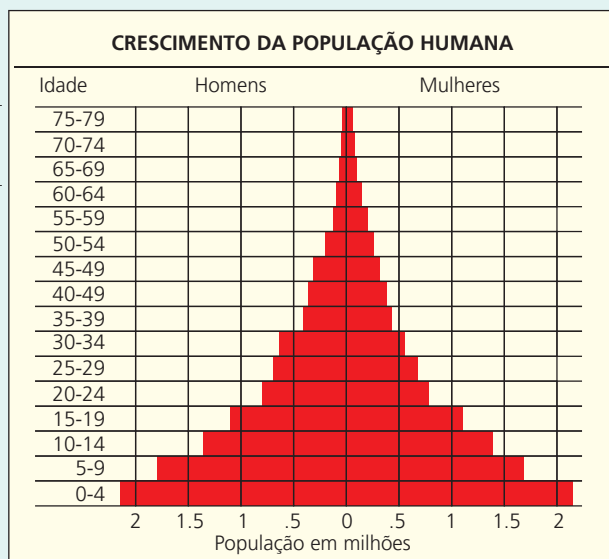
Maps World/Arquivo da editora

CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO HUMANA

Idade | Homens | Mulheres

75-79
70-74
65-69
60-64
55-59
50-54
45-49
40-49
35-39
30-34
25-29
20-24
15-19
10-14
5-9
0-4

2 1.5 1 .5 0 .5 1 1.5 2

População em milhões

c. Qual das duas populações pode ser considerada em equilíbrio? Por quê? 9. c) A população representada pelo gráfico construído pelo aluno pode ser considerada estável, pois há um equilíbrio entre o número de jovens e o de adultos.

Ciência, Tecnologia e Sociedade

10. Veja abaixo reprodução da tela *Costureiras*, de Tarsila do Amaral (1950).

Museu de Arte Contemporânea da Universidade de São Paulo

a. De que forma as pessoas retratadas na pintura estão interagindo? 10. a) Resposta pessoal. Exemplo: cooperação e divisão de tarefas, como em uma sociedade.

b. Dê três exemplos de interações intraespecíficas das quais você participa. 10. b) Resposta pessoal.

c. Dê cinco exemplos de interações interespecíficas das quais você participa, descrevendo cada relação. 10. c) Resposta pessoal. Veja comentários no Manual.

d. Com seus conhecimentos de Artes, sugerimos que você escolha uma das interações listadas nas questões anteriores e faça uma representação artística dessa interação. Pode ser uma pintura, como fez Tarsila do Amaral, uma escultura em argila ou outro meio de expressão que você desejar.

10. d) Resposta pessoal. Esta atividade pode se tornar um projeto interdisciplinar com a área de Artes.

Questões do Enem e de vestibulares

11. (Enem-2015) Os parasitoides são insetos diminutos, que têm hábitos bastante peculiares: suas larvas se desenvolvem dentro do corpo de outros animais. Em geral, cada parasitoide ataca hospedeiros de determinada espécie e, por isso, esses organismos vêm sendo amplamente usados para o controle biológico de pragas agrícolas.

SANTO, M. M. Parasitoides: insetos benéficos e cruéis. *Ciência Hoje*, n. 291, abr. 2012 (adaptado).

O uso desses insetos na agricultura traz benefícios ambientais, pois diminui o(a):

a. tempo de produção agrícola.

b. diversidade de insetos-praga.

c. aplicação de inseticidas tóxicos. 11. c

d. emprego de fertilizantes agrícolas.

e. necessidade de combate a ervas daninhas.

12. (Enem-2011) Os vaga-lumes machos e fêmeas emitem sinais luminosos para se atraírem para o acasalamento. O macho reconhece a fêmea de sua espécie e, atraído por ela, vai ao seu encontro. Porém, existe um tipo de vaga-lume, o *Photuris*, cuja fêmea engana e atrai os machos de outro tipo, o *Photinus*, fingindo ser desse gênero. Quando o macho *Photinus* se aproxima da fêmea *Photuris*, muito maior que ele, é atacado e devorado por ela.

BERTOLDI, O. G.; VASCONCELLOS, J. R. *Ciência & sociedade*: a aventura da vida, a aventura da tecnologia. São Paulo: Scipione, 2000 (adaptado).

A relação descrita no texto, entre a fêmea do gênero *Photuris* e o macho do gênero *Photinus*, é um exemplo de:

a. comensalismo.

b. inquilinismo.

c. cooperação.

d. predatismo. 12. d

e. mutualismo.

13. (Unesp-SP – mod.) Um estudante de Biologia observou que, em um ninho de saúvas, diferentes atividades são realizadas por diferentes grupos dessas formigas. Ele afirmou que, se cada formiga resolvesse trabalhar só para si, o homem teria menos problemas com as saúvas. O estudante está correto em sua conclusão? Por quê?

13. Sim. As saúvas organizam-se com divisão de tarefas, e sua estrutura em sociedade garante a eficiência dos formigueiros. Vivendo isoladamente, certamente elas causariam menos danos a lavouras e teriam menores chances de sobrevivência.

UNIDADE 2

Origem da vida e Biologia celular

ABERTURA DA UNIDADE

OBJETIVOS GERAIS DA UNIDADE

Getty Images

Ao final desta unidade, você poderá responder a questões como estas:

- Como a Ciência explica a origem do Universo e da vida na Terra?
- O que existe dentro de uma célula?
- As células são todas iguais?
- Como uma célula se mantém viva e se reproduz?

Células da extremidade da raiz da cebola, em diferentes fases do ciclo celular. Cada célula mede cerca de 20 μm de comprimento.

capítulo 6

Origem da vida

COMENTÁRIOS GERAIS

REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DE BIOLOGIA

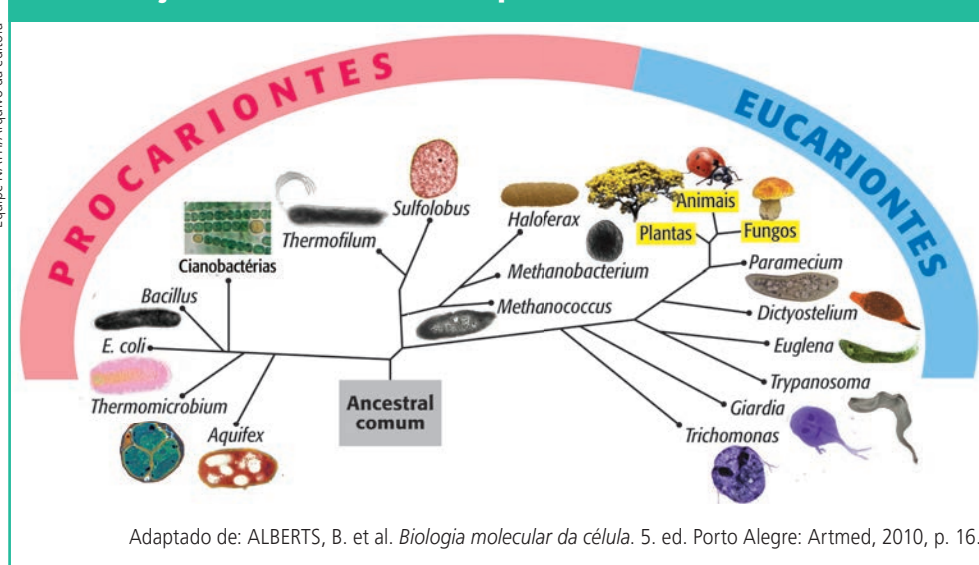
CURIOSIDADE

As hipóteses e teorias científicas a respeito da origem da Terra e da vida em nosso planeta baseiam-se em **conhecimentos de diversas áreas**, como Geologia (análise de rochas), Paleontologia (estudo dos fósseis), Química e Astronomia. Ao estudar outras estrelas e sistemas de planetas, por exemplo, os cientistas conseguem obter evidências de como pode ter sido a formação do Sistema Solar.

1 Introdução

A vida na biosfera terrestre nem sempre foi do jeito que observamos hoje... Vimos no início deste livro que os seres vivos podem sofrer modificações ao longo das gerações, caracterizando a evolução. Rastreando a história evolutiva dos seres, é possível afirmar que todos possuem um parentesco evolutivo, que pode ser mais próximo ou mais distante.

Qual é o parentesco evolutivo que nós, da espécie humana, podemos ter com uma bactéria, por exemplo? Certamente bilhões de anos de evolução nos separam, mas o fato de bactérias e animais possuírem DNA e RNA, proteínas, carboidratos e lipídios em sua composição celular já é algo importante em comum... Podemos supor que tais características estavam presentes nas formas de vida mais primitivas.

Relações evolutivas entre procariontes e eucariontes

PROCARIONTES
EUCARIONTES
Sulfolobus
Haloferax
Animais
Plantas
Fungos
Thermofilum
Cianobactérias
Methanobacterium
Paramecium
Bacillus
Methanococcus
Dictyostelium
E. coli
Euglena
Trypanosoma
Thermomicrobium
Ancestral comum
Giardia
Aquifex
Trichomonas

Equipe NATH/Arquivo da editora

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Adaptado de: ALBERTS, B. et al. *Biologia molecular da célula*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010, p. 16.

› Diagrama representando hipótese de **parentesco evolutivo** entre diferentes grupos de seres vivos, proposta com base em dados moleculares. As plantas, a maioria dos animais e dos fungos são macroscópicos; os outros seres representados são microscópicos. Veja que todos os seres vivos descendem de um ancestral comum.

Assim, como surgiram os primeiros seres vivos? Sob que condições eles surgiram?

Bem antes de surgir a vida, formou-se o Universo e o planeta Terra como parte dele.

Na formação do planeta Terra, determinados elementos químicos passaram a constituir a matéria orgânica, presente nos seres vivos. Estudar a origem da vida na Terra é, portanto, resgatar um pouco da história do Universo.

Vamos, então, começar com uma revisão a respeito da origem do Universo.

2 Universo, Sistema Solar e planeta Terra

A hipótese atualmente considerada a mais provável pelos cientistas é que toda a matéria que forma o Universo estivesse comprimida, ocupando um volume extremamente pequeno. Ocorreu, então, uma grande explosão, que originou o Universo, até hoje em expansão. Essa explosão recebeu o nome de *Big Bang* e estima-se que tenha ocorrido há aproximadamente 14 bilhões de anos.

PENSE E RESPONDA

Consulte um dicionário inglês-português e descubra o significado de ***Big Bang***. Associe o significado desse termo com a hipótese científica mais aceita que explica a origem do Universo. Anote em seu caderno.

Big Bang, ou Bigue-Bangue em português, significa grande (*big*, em inglês) explosão (*bang*, em inglês).

Julian Baum/SPL/Latinstock

Representação artística do ***Big Bang***.

A matéria então existente concentrou-se em grupos, dando origem, ao longo do tempo, a grandes concentrações de corpos celestes, denominadas **galáxias**. Uma dessas galáxias, formada há cerca de 8 bilhões de anos, é a **Via Láctea**.

CURIOSIDADE

Ano-luz é uma medida de distância. Um ano-luz é a distância que a luz percorre em um ano, considerando que sua velocidade é de 300 000 km/s; assim, 1 ano-luz = 9,5 trilhões de quilômetros.

SPL/Latinstock

Representação artística da **Via Láctea**, feita com base em imagens obtidas por meio de telescópio. O Sol é apenas uma entre os bilhões de estrelas desta galáxia, cujo diâmetro é de cerca de 120 anos-luz.

De acordo com a padronização proposta pelo Sistema Internacional de Unidades (SI), em sua 9ª edição (Inmetro, 2012), a grafia da unidade quilômetro deverá ser gradualmente substituída por kilometro (*kilo* = mil). Nesta coleção, utilizamos a grafia quilômetro, que ainda é considerada aceitável pelo SI, por ser mais usual e constar do Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa, da Academia Brasileira de Letras. Saiba mais em: <http://www.inmetro.gov.br/noticias/conteudo/sistema-internacional-unidades.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2016.

Uma opção de infográfico interativo semelhante ao indicado no *Multimídia*, mostrando corpos em escala com ilustrações mais elaboradas, pode ser encontrada no *site*: <http://www.numbersleuth.org/universe/> (em inglês). Acesso em: 20 jan. 2016.

MULTIMÍDIA

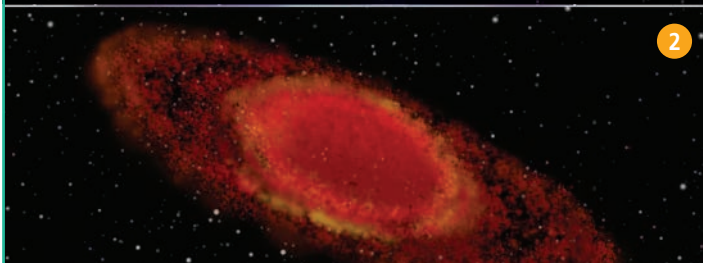
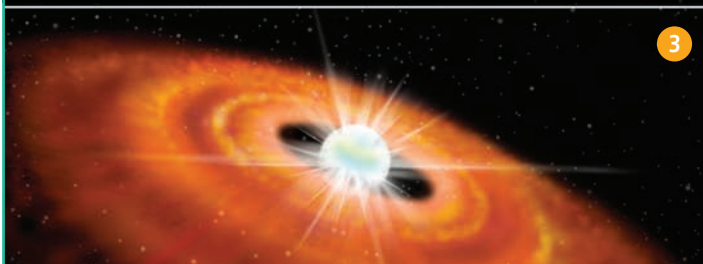
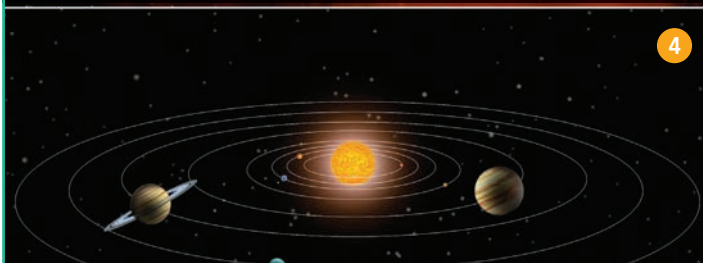
A escala do Universo

<http://htwins.net/scale2/lang.html>

Neste infográfico interativo, partindo do ser humano, você pode navegar por dimensões cada vez menores, chegando às partículas subatômicas, ou maiores, chegando à escala astronômica.

Acesso em: 20 jan. 2016.

Formação do Sistema Solar

1 Há cerca de 5 bilhões de anos, uma nuvem de gás e poeira cósmica se tornou cada vez mais densa.

2 A matéria começou a se agregar na região central, originando uma estrela: o Sol.

3 Pela atração gravitacional, o Sol manteve os agregados de matéria ao seu redor. Estava surgindo o Sistema Solar.

4 Atualmente, o Sistema Solar é formado pelo Sol, 8 planetas em órbita ao seu redor e outros astros celestes.

Representações artísticas da hipótese de formação do **Sistema Solar**.

Como todas as galáxias, a Via Láctea é formada por numerosas estrelas e por outros corpos celestes. São conhecidas mais de 200 bilhões de estrelas na Via Láctea, sendo uma delas o Sol, que se formou há mais de 5 bilhões de anos. Ao redor do Sol giram oito planetas conhecidos, sendo um deles a Terra.

O conjunto formado pelo Sol, planetas, satélites, asteroides e outros corpos celestes que orbitam essa estrela constitui o **Sistema Solar**. Estima-se que os oito planetas do Sistema Solar, inclusive a Terra, formaram-se há aproximadamente 4,6 bilhões de anos. Além dos planetas, outros corpos celestes orbitam o Sol, como os asteroides, os satélites naturais (como a Lua) e os planetas-anões.

Seis bilhões de anos entre o *Big Bang* e a formação da Via Láctea, três bilhões entre a origem da Via Láctea e a do Sol e meio bilhão entre a formação do Sol e a origem da Terra. Assim, o nosso planeta formou-se, aproximadamente, nove bilhões e meio de anos após o *Big Bang*. Esses dados não são absolutos, mas servem para você ter uma ideia da grandiosidade do Universo, em relação ao tempo e às constantes transformações pelas quais passou e continua a passar.

O Sol e todos os demais corpos do nosso Sistema Solar devem ter sido formados a partir da poeira cósmica e de gases, que se aglomeraram em um determinado ponto da Via Láctea.

Inicialmente, ao longo de milhões de anos, essa poeira e esses gases foram se agregando, formando uma enorme massa, cujo elemento mais abundante era o hidrogênio, que deu origem ao Sol. A temperatura central dessa massa precursora do Sol tornou-se muito alta, desencadeando contínuas reações de fusão nuclear, que continuam até hoje, com formação de hélio a partir de hidrogênio. É em consequência dessas reações que o Sol libera enorme quantidade de energia, sob a forma de calor e de luz.

As reações de fusão nuclear dependem da alta temperatura que ocorre no interior do Sol, mas são também responsáveis por essa temperatura elevada, estimada em torno de 15 000 000 °C no centro da estrela e em cerca de 6 000 °C na superfície.

〈2.1〉 Origem do planeta Terra

Na evolução do Sistema Solar, o restante da poeira cósmica e dos gases continuou a girar em torno do Sol, inicialmente como um disco. Aos poucos, esse disco foi-se fragmentando e esses fragmentos foram se fundindo em massas maiores, que deram origem aos planetas e aos asteroides.

De maneira simplificada, podemos dizer ter sido assim que a Terra se formou. Inicialmente muito quente, a Terra se resfriou a tal ponto que sua superfície se solidificou.

A vida foi-se tornando possível na Terra à medida que o planeta se resfriava, sua superfície se solidificava, formava-se água líquida sobre a superfície e, aos poucos, se constituía a atmosfera terrestre.

A atmosfera primitiva era provavelmente composta pelos gases hidrogênio (H_2), metano (CH_4), amônia (NH_3) e vapor de água.

Desses componentes, o metano, a amônia e o hidrogênio não estão presentes na parte baixa da atmosfera atual (troposfera), constituída principalmente pelos gases nitrogênio (N_2) e oxigênio (O_2) e quantidades menores de gás carbônico (CO_2), gases raros e vapores de água.

No início, a delgada e frágil crosta terrestre era muito quente e através de suas múltiplas rachaduras era expelida água do interior da Terra. A excessiva temperatura da crosta não permitia que a água se acumulasse e toda ela se evaporava, formando numerosas e densas nuvens na atmosfera. Essas nuvens davam origem a chuvas, que caíam sobre a litosfera.

Encontrando a superfície quente da litosfera, a água da chuva evaporava, formando novas nuvens, que originavam novas chuvas. Esse ciclo durou muito tempo, até que, à medida que a superfície se resfriava, a água ia se acumulando nas depressões da litosfera, constituindo, aos poucos, mares, oceanos, rios, lagos e demais depósitos de água líquida da Terra.

Na água que se depositava na crosta terrestre estavam presentes algumas das substâncias existentes na atmosfera. Acredita-se que essas substâncias, nas condições especiais das águas aquecidas dos oceanos primitivos, tenham fornecido a matéria-prima para que começasse a se formar a vida na Terra.

Como isso provavelmente aconteceu?

Vamos começar analisando na história da Biologia o esforço para explicar a origem da vida e dos seres vivos em nosso planeta, para chegarmos, então, às teorias atuais.

PENSE E RESPONDA

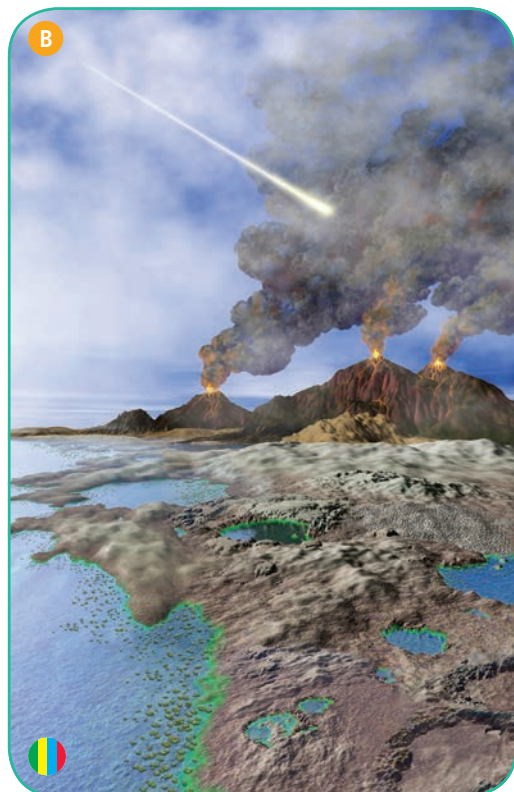
Considerando a teoria do *Big Bang*, é possível afirmar que os demais planetas do Sistema Solar possuem a mesma idade da Terra? Dê sua opinião e justifique a sua resposta. Depois, procure informações em livros e *sites* de Astronomia e compare-as com sua resposta inicial.

Pela hipótese que explica a origem do Sistema Solar, a idade do Sol e dos planetas é a mesma: cerca de 4,6 bilhões de anos. Confira na página sobre Sistema Solar do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo: <http://iag.usp.br/siae98/universo/sistsolar.htm> (acesso em: 19 jan. 2016).

Representações artísticas do ambiente da **Terra primitiva**, antes (A) e depois da formação dos primeiros mares (B).

A

Mark Garlick/SPL/Latinstock

B

Lynette Cook/SPL/Latinstock

CURIOSIDADE

O que são **larvas**?

Muitos animais botam seus ovos e deles desenvolvem-se indivíduos com forma bem diferente da forma do adulto e que passam a sofrer profundas modificações durante o desenvolvimento, até atingirem a forma adulta. Essas formas jovens, diferentes dos pais, são chamadas larvas. São bem conhecidas as larvas de insetos, como as lagartas ou taturanas, que são larvas de borboletas e mariposas. Entre os vertebrados, você deve conhecer as larvas de sapos (girinos) e de certos peixes (alevinos).

3,5 cm

Mariposa adulta.

Arco Images Gmbh/Alamy/Glow Images

1,2 cm

Lagarta.

AGE Fotostock/Grupo Keystone

0,2 cm

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

O "bicho-de-goiaba" é a **larva** de uma espécie de mosca, que se alimenta da polpa do fruto. Quando o fruto cai no solo, a larva forma um casulo e se transforma em adulto.

0,8 cm

Getty Images

Girinos camuflados na lama, às margens de lagoa. Veja um dos girinos em destaque, no círculo.

3 Teoria da geração espontânea

De acordo com a teoria da **geração espontânea**, também conhecida por **abiogênese**, os seres vivos se formariam de material orgânico em decomposição, do lodo ou de outros materiais não vivos: a vida brotaria espontaneamente em determinadas condições.

Um exemplo de fatos que deram origem a essa teoria é que de um pedaço de carne exposto ao ar livre podem sair moscas ou outros insetos. A observação desse fato levou estudiosos do passado a afirmarem que as moscas formavam-se como produto da decomposição da carne.

Você já notou que, às vezes, existem "bichos" dentro de frutas, como o "bicho-de-goiaba"? De onde vêm esses "bichos"?

Já se acreditou que esses bichos fossem gerados espontaneamente nos frutos onde estavam... Hoje sabemos que eles se formam a partir de ovos colocados por insetos, ovos esses que formam **larvas**, que entram nos frutos.

Outro fato interessante e que também foi interpretado erradamente por muito tempo é o de que sapos e outros animais poderiam surgir do lodo deixado nas margens dos rios, quando estes voltavam ao leito normal após as enchentes. Acreditava-se que o lodo originava esses animais. Na realidade, o ambiente formado após as cheias de rios é o ambiente de procriação de diversas espécies de anfíbios, que colocam seus ovos na lama. Os minúsculos ovos e, posteriormente, as larvas não são facilmente identificados e, provavelmente, assim surgiu a hipótese de que sapos adultos poderiam se formar do lodo.

Do mesmo modo, ratos, moscas e pulgas poderiam surgir espontaneamente de matéria em decomposição, uma associação com o fato de esses animais aparecerem em locais como entulhos e depósitos abertos de lixo. Além dos materiais, a geração espontânea de vida dependeria, também, de um fluido ou princípio vital, que estaria presente no ar.

Por muitos séculos, a ideia de geração espontânea de vida era aceita pelos cientistas, baseando-se em observações como as que acabamos de comentar. Foram realizados diversos experimentos para buscar isolar o "princípio vital" e as condições ideais para a geração de seres vivos com base na matéria não viva.

Vamos analisar um experimento feito em 1660 por Francesco Redi, um cientista italiano, que apresentou resultados contrários à teoria da geração espontânea.

Acompanhe o experimento representado ao lado.

De uma mesma porção de carne foram retirados dois pedaços, colocados em dois frascos, um tampado com gaze ou algodão, o que possibilitava livre ventilação, e outro destampado.

É importante notar que os frascos eram iguais e que os pedaços de carne eram do mesmo tamanho e foram obtidos da mesma porção de carne. Isso foi necessário para que as preparações se diferenciassem apenas por uma característica: o maior ou o menor isolamento da carne, em relação ao ambiente fora do frasco.

Essas preparações foram colocadas em observação por vários dias. Depois de alguns dias, notou-se que apenas no frasco aberto surgiram moscas.

Experimento de Redi

Representação simplificada do **experimento realizado por Redi** em 1660.

Como os dois frascos continham carne e somente em um deles observaram-se moscas, a primeira conclusão é que as moscas não se desenvolvem da carne, ou seja, a carne não se transforma em insetos. As moscas não apareceram no frasco fechado, no qual a circulação de ar era livre, o que nos leva a concluir que algumas moscas pousaram na carne colocada no frasco descoberto e nela depositaram seus ovos, dos quais formaram-se larvas que se transformaram em novas moscas.

Os "bichinhos" esbranquiçados que se observam antes das moscas adultas não passam de larvas dessas moscas.

O experimento de Redi, embora muito simples, deixa claro que as moscas não podem ser produzidas pela carne. O resultado observado indica que seres vivos não se formam de matéria orgânica em decomposição.

Larvas de mosca sobre pedaço de carne, em tamanho natural.

4 Teoria da biogênese

Diversos cientistas demonstraram que a teoria da geração espontânea estava errada. Um deles foi o italiano Francesco Redi, que realizou experimentos como os que você acabou de estudar. Apesar da importância dos experimentos desse e de outros cientistas, somente cerca de duzentos anos após os trabalhos de Redi, em torno de 1860, a teoria da geração espontânea deixou de ser aceita. Um dos trabalhos científicos considerados fundamentais para essa mudança foi o do cientista francês Louis Pasteur, que conseguiu resultados que negaram a abiogênese e comprovaram a teoria da **biogênese** (*bio* = vida; *gênese* = origem): os seres vivos originam-se de outros seres vivos.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

Representação simplificada do experimento de Pasteur

Coloca-se um líquido nutritivo dentro de um balão com pescoço longo.

Estira-se o pescoço do balão formando um tubo fino e curvo.

Em seguida, submete-se o líquido contido dentro do balão à fervura.

vapor

A fervura mata todos os micro-organismos e o líquido torna-se estéril.

entrada de ar

Após a fervura, deixa-se o balão resfriar. Com o resfriamento, há entrada de ar no balão.

Os procedimentos descritos até aqui foram realizados com dois balões. Em um deles o pescoço foi quebrado e em outro, mantido.

líquido contaminado

Após algum tempo, verifica-se que há desenvolvimento de micro-organismos.

líquido estéril

Mesmo depois de muito tempo, o líquido permanece estéril, sem micro-organismos.

Pasteur colocou um caldo nutritivo em um balão de vidro, de pescoço comprido. Aqueceu e esticou o pescoço do balão, dobrando-o. Esse tipo de balão é conhecido como balão "pescoço de cisne".

Analise ao lado os principais passos do experimento de Pasteur.

Pasteur ferveu o caldo existente no balão, o suficiente para matar todos os possíveis micro-organismos que poderiam existir nele. Cessado o aquecimento, vapores da água provenientes do caldo condensaram-se no pescoço do balão e se depositaram, sob forma líquida, em sua curvatura inferior.

O caldo colocado no balão permaneceu estéril, sem ocorrência de nenhum ser vivo. O pescoço do balão permaneceu aberto.

Por que os micro-organismos presentes no ar não chegavam até o caldo?

A explicação está na condensação da água na parte baixa do pescoço do balão: as gotículas de água retinham os micróbios que eventualmente existissem no ar.

Quando Pasteur quebrou o pescoço do balão, em alguns dias o caldo estava contaminado, sofrendo decomposição por micro-organismos. A explicação para isso é que os micro-organismos existentes no ar entraram no frasco e contaminaram o caldo ali contido. Os micro-organismos não surgiram espontaneamente no caldo; se isso fosse possível, certamente teria acontecido enquanto o balão estava intacto.

Com esse experimento, Pasteur ganhou adeptos para a teoria da biogênese, negando a ideia de geração espontânea.

A **biogênese** esclarece que há necessidade de um ser vivo preexistente, para que outro ser vivo possa ser formado; deixa claro que um ser vivo não pode ser formado a partir de matérias em decomposição, lodo etc.

A teoria da biogênese, aceita até hoje no meio científico, estabelece que todo ser vivo se origina de outro ser vivo. Assim, ela explica a origem dos seres vivos, mas não explica exatamente a origem da vida.

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

Louis Pasteur (1822-1895) fez grandes contribuições para a Biologia. Com um colega, busquem informações sobre os trabalhos dele e sua importância para o avanço dos conhecimentos existentes na época a respeito dos micro-organismos. Escolham uma de suas pesquisas e escrevam o relato de sua importância na forma de notícia de jornal ou *site*, como se fossem dois jornalistas cobrindo o evento na época em que estava acontecendo.

Veja comentários no Manual.

5 Surgimento dos primeiros seres vivos

Pela biogênese, um ser vivo se origina de um ser preexistente. Mas não existiam seres vivos para dar origem aos primeiros seres vivos da Terra. Como os cientistas explicam o surgimento da vida na Terra?

De fato, a Biologia considera que os primeiros seres vivos formaram-se espontaneamente, nos mares aquecidos da Terra primitiva, há cerca de 3,5 bilhões de anos, aproximadamente 900 milhões de anos depois que a Terra se formou.

Os principais gases presentes na atmosfera primitiva, como vimos no começo deste capítulo, deviam ser hidrogênio, metano e amônia. É provável que descargas elétricas das tempestades, então muito frequentes, desencadearam reações químicas entre alguns dos componentes da atmosfera primitiva, gerando as primeiras moléculas orgânicas, extremamente simples. Existem muitas evidências também de que os oceanos primitivos, quentes e rasos, devem ter sido meio propício para a formação das substâncias orgânicas, a partir dos componentes da atmosfera, trazidos pelas chuvas. Inicialmente, teriam se formado moléculas orgânicas simples e, em seguida, moléculas mais complexas.

Diversos experimentos têm sido feitos procurando reproduzir as condições que se considera terem existido na atmosfera e nos oceanos da Terra primitiva. Como resultado desses experimentos, diversos compostos orgânicos foram produzidos, o que é compatível com a teoria em estudo.

Essa ideia foi desenvolvida em torno de 1930 pelo russo Aleksandr Ivanovich Oparin (1894-1980) e pelo inglês John Burdon Sanderson Haldane (1892-1964). Ficou conhecida como “hipótese da evolução gradual dos sistemas químicos”.

De acordo com essa hipótese, com o aumento da quantidade de moléculas orgânicas formou-se nos mares primitivos uma verdadeira “sopa nutritiva”, rica principalmente em aminoácidos e proteínas.

Pensemos um pouco. Algumas substâncias sólidas, como o açúcar e o sal, dissolvem-se em líquidos como a água, distribuindo-se igualmente por todo o líquido. Dizemos que formam uma **solução**. O mesmo não acontece quando colocamos moléculas de proteína na água: as moléculas de proteína são envolvidas por moléculas de água. Formações como essas são conhecidas por **coloides** ou **sistemas coloidais**. Nos mares primitivos devem ter se desenvolvido sistemas coloidais, que passaram por um processo muito comum nos coloides: a formação de numerosos aglomerados, envoltos por moléculas de água. Esses aglomerados ficaram conhecidos por **coacervatos**, nome que se deve a Oparin.

Coacervatos não são células nem precursores delas, simplesmente indicam que havia a possibilidade de formação, nas condições da Terra primitiva, de sistemas separados do meio, mas que com ele trocavam substâncias. As hipóteses sobre o surgimento da primeira célula ainda geram polêmica. As primeiras células deviam ser estruturas muito simples, formadas por uma membrana que delimita o citoplasma, onde estariam os ácidos nucleicos. A presença de ácidos nucleicos possibilitou o comando das funções da célula e de sua divisão. Com isso, elas passaram a aumentar em número e, ao longo do tempo, a evoluir. Teriam, então, surgido os primeiros seres vivos do planeta Terra. Eles seriam unicelulares e procariontes.

MULTIMÍDIA

Quando a vida surgiu no Universo?

Reprodução

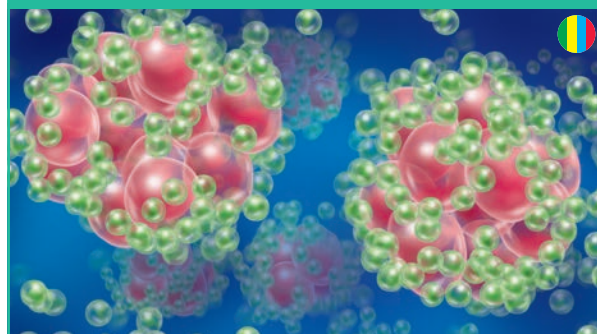
<http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2014/318/quando-a-vida-surgiu-no-universo/>

Neste artigo, o astrônomo José Antônio de Freitas Pacheco explica hipóteses formuladas a partir de evidências astronômicas da origem de moléculas orgânicas no espaço.

Acesso em: 19 jan. 2016.

O enfoque deste capítulo é a hipótese da evolução gradual dos sistemas químicos, mas o tema pode ser trabalhado em conjunto com a disciplina de Geografia pela abordagem da escala geológica. Esse assunto é abordado nas atividades ao final deste capítulo e no volume 3 desta coleção.

Representação artística de **coacervatos**: moléculas de água (em verde) envolvendo moléculas de proteínas (em vermelho).

Coacervatos

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

RECORDE-SE

O_2 na água
Embora seja uma noção bem elementar, devemos recordar que organismos aquáticos, como os peixes, utilizam para a respiração o gás oxigênio que se encontra dissolvido na água. Trata-se de processo semelhante ao que ocorre com os animais de respiração aérea, que utilizam o gás oxigênio que se encontra na mistura que forma o ar atmosférico.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

6 Hipótese heterotrófica sobre a origem da vida

Na Terra primitiva não havia oxigênio livre. Assim, os primeiros organismos não deviam realizar respiração aeróbia, processo que depende do oxigênio livre, e não deviam possuir clorofila e realizar a fotossíntese, pois nesse processo há liberação de gás oxigênio para o ambiente. Os primeiros organismos deviam obter energia para sua sobrevivência, a partir da matéria orgânica presente no meio. Uma vez incorporada na célula, essa matéria orgânica seria metabolizada por meio da fermentação, processo que não depende do gás oxigênio. Esses primeiros organismos deveriam ser, portanto, heterótrofos, e realizar a fermentação.

Com o passar do tempo, houve grande aumento no número de seres anaeróbios fermentadores, que passaram a consumir grande quantidade de matéria orgânica presente no meio. Paralelamente, as mudanças climáticas na Terra primitiva começaram a dificultar a síntese de matéria orgânica, como vinha ocorrendo a partir do metano, da amônia e de outros gases, sem a participação de seres vivos.

A liberação de gás carbônico pelos processos anaeróbios aumentou a quantidade disponível desse gás. Em determinado momento, devem ter surgido alguns organismos com pigmentos, como a clorofila, capazes de absorver a energia luminosa. Usando essa energia, esses seres teriam conseguido aproveitar a água e o CO_2 do meio para a síntese do próprio alimento. Deixaram, então, de depender da matéria orgânica do meio, disponível em menor quantidade. Assim, teriam se formado os primeiros seres autótrofos e a síntese de matéria orgânica passava a ser realizada por seres vivos, o que acontece até os dias de hoje.

Como utilizavam luz, esses seres autótrofos eram fotossintetizantes e passaram a liberar oxigênio, gás que ainda não existia na atmosfera terrestre. Até os dias de hoje, a manutenção dos teores de gás oxigênio no ambiente depende da atividade dos seres fotossintetizantes. Eles são, portanto, fundamentais para a manutenção da vida em nosso planeta, pois são os principais responsáveis pela síntese da matéria orgânica e pela produção do gás oxigênio que é liberado para o meio.

Uma vez que o gás oxigênio passou a fazer parte do ambiente primitivo, aqueles organismos que por mutação teriam passado a apresentar condições de aproveitar o oxigênio em seu metabolismo teriam sido positivamente selecionados e passaram a aumentar em número. Surgiu, assim, o processo de respiração aeróbia. Esse processo é realizado tanto por seres fotossintetizantes quanto pela maioria dos heterótrofos. Estes últimos dependiam, e até hoje dependem, da matéria orgânica formada pelos seres autótrofos para sua alimentação.

De acordo com a hipótese que acabamos de estudar, os primeiros seres vivos que se formaram na Terra eram heterótrofos e, por isso, ela é conhecida como hipótese heterotrófica.

A sequência em que provavelmente surgiram os processos de obtenção de energia nos seres vivos, de acordo com a hipótese heterotrófica, é: fermentação, fotossíntese e respiração aeróbia.

Os **estromatólitos**, como o que está indicado pela seta, são colônias formadas por cianobactérias, que são seres fotossintetizantes. Fósseis de estromatólitos foram encontrados em rochas com cerca de 3 bilhões de anos, indicando que as formas primitivas de vida podem ter sido parecidas com os procariontes atuais.

Getty Images

Hipóteses e teorias

Discutimos, neste capítulo, a “hipótese da evolução gradual dos sistemas químicos”, a “teoria da biogênese”... Mas qual é o significado de hipótese e de teoria?

Na linguagem do dia a dia, é comum a utilização desses dois termos com o mesmo significado. No dicionário, podemos encontrar o termo hipótese como sinônimo de teoria, no sentido de suposição, conjectura, conjunto de opiniões e ideias sobre um tema.

Para a Ciência, no entanto, essas duas palavras são referências a duas etapas distintas do processo de construção do conhecimento. A partir da observação de fatos e fenômenos, podem surgir questões que visam compreender melhor o que está sendo observado. O(A) cientista, então, elabora possíveis respostas à questão que ele está estudando, a partir dos conhecimentos científicos já disponíveis sobre o assunto. Essas respostas são as **hipóteses**. Segue-se uma fase de testes, argumentações e raciocínio lógico para que seja possível deduzir sobre a validade ou não de suas hipóteses.

Uma **teoria** corresponde a um conjunto de conhecimentos que explica determinado fenômeno, baseando-se em hipóteses comprovadas em várias situações e/ou por um grande número de testes, não sendo sinônimo de verdade absoluta, mas sim um referencial de conhecimento sobre o qual é possível formular novas hipóteses. Existem, obviamente, teorias opostas para um mesmo assunto. Uma teoria amplamente aceita pode ser substituída quando novos fatos observados pela Ciência não podem mais ser explicados por ela. É o que aconteceu com a teoria da geração espontânea, que após séculos de ampla aceitação pela comunidade científica foi substituída pela teoria da biogênese.

Fonte: HOUAISS, A.; VILLAR, M. S. *Grande dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

Hipótese autotrófica da evolução do metabolismo

Uma hipótese que vem ganhando cada vez mais aceitação pela comunidade científica é a que considera a possibilidade de a vida ter se originado em fontes termais localizadas nas profundezas do mar, junto a fendas do solo oceânico. Comunidades existem nesses locais conhecidos como fontes termais submarinas (como vimos na página 87). Nessas comunidades, os produtores são bactérias quimiossintetizantes que obtêm energia da oxidação de substâncias inorgânicas, como certos compostos de enxofre, sem a participação da luz solar no processo.

Essa hipótese admite a possibilidade de seres quimiossintetizantes terem surgido antes dos fermentadores. Trata-se, portanto, de uma hipótese autotrófica da evolução do metabolismo, pois os primeiros seres vivos formados na Terra seriam autótrofos por realizarem quimiossíntese. Então, de acordo com essa hipótese, a sequência de aparecimento de processos metabólicos entre os primeiros seres vivos seria: quimiossíntese, fermentação, fotossíntese e respiração aeróbia.

Ainda segundo os defensores da hipótese autotrófica, os primeiros seres vivos não teriam condições de resistir aos constantes impactos de meteoritos e às descargas elétricas que caracterizavam a Terra primitiva, sendo as fontes submarinas ambientes mais protegidos.

equipamento
vermes tubícolas
90 cm
NOAA/PMEL/Vents Program

Fonte termal submarina, localizada nas profundezas do oceano Atlântico. Bactérias que realizam quimiossíntese são os produtores dessa comunidade, que abriga animais, como vermes tubícolas. A “fumaça” escura que sai da fonte corresponde à água muito quente e rica em enxofre.

Veja no Manual mais informações a respeito das hipóteses sobre a origem da vida na Terra.

Veja sugestão de aprofundamento no Manual.

A Terra e a água

Logo no início de sua formação, a Terra não possuía a atmosfera nem os oceanos, os rios e os lagos de hoje. Ao longo do tempo, vapor e gases eliminados dos vulcões poderiam ter fornecido para o nosso planeta a água e a atmosfera primitiva. Mais água pode ter chegado à Terra pela colisão de cometas, formados principalmente por gelo. A atmosfera modificou-se desde então e pouco escapou da força gravitacional da Terra.

Nasa

Representação artística da **queda de um asteroide** na superfície da Terra. Impactos assim provavelmente eram frequentes na Terra primitiva.

Os ventos e as chuvas ajudaram a apagar as evidências de crateras formadas pelo impacto de cometas e meteoritos (corpos celestes sólidos que podem ter desde alguns gramas até toneladas de material rochoso). Além disso, a movimentação das placas tectônicas e eventos como erupções vulcânicas e terremotos remodelaram a superfície de forma a deixar pouco desses registros. Na Lua esses registros permanecem, pois lá não existem esses fatores (observe a imagem abaixo). A Terra quando se formou era muito quente, mas aos poucos foi sofrendo resfriamento, possibilitando o acúmulo de água no estado líquido na superfície do planeta. Todos esses fatores associados à temperatura da Terra, a qual é determinada pela sua distância em relação ao Sol, tornaram o nosso planeta o único do Sistema Solar que conseguiu sustentar grandes quantidades de água no estado líquido. Isso foi crucial para o desenvolvimento da vida, um fenômeno que ocorreu há pelo menos 3,5 bilhões de anos.

Nasa

Fotografia da superfície da **Lua** tirada por satélite, mostrando as crateras formadas pela queda de meteoritos. Pela ausência de atmosfera e de fenômenos climáticos, não ocorre erosão e essas crateras permanecem na superfície lunar.

DEPOIS DA LEITURA...

a. Qual é a relação entre existência de água líquida e origem da vida na Terra?

a) As primeiras células (primeiros seres vivos) surgiram, provavelmente, na água líquida, nos mares primitivos, que devem ter sido locais propícios para a formação de substâncias orgânicas.

b. Por que as marcas de colisão de meteoritos estão preservadas na superfície da Lua, mas não na superfície da crosta terrestre?

b) Na Lua não há fenômenos atmosféricos como ventos e chuva, que causam erosão da superfície do planeta. Também não há atividade vulcânica ou terremotos. Esses fatores, presentes na Terra, modificam continuamente o relevo ao longo do tempo e apagam certas marcas na superfície.

FAÇA NO CADERNO. NÃO ESCREVA EM SEU LIVRO.

7. Seres fermentadores – seres fotossintetizantes – seres aeróbios. Veja justificativa no Manual.

Revendo e aplicando conceitos

1. Considere a seguinte situação: você comprou pão de forma e, após se servir de algumas fatias, fechou o pacote e o guardou em um armário da cozinha. Depois de duas semanas, você se lembra do pacote, resolve abri-lo e descobre que as fatias de pão estão emboloradas.

a. Proponha uma explicação para o surgimento de bolores nas fatias de pão.
1. a) Resposta pessoal.

b. A sua explicação está de acordo com qual teoria sobre a origem da vida: geração espontânea ou biogênese?
1. b) Veja comentários no Manual.

2. Um pouco de água foi deixada em um vaso e algum tempo depois surgiram nela algumas larvas do mosquito *Aedes aegypti,* transmissor de doenças.

2. a) Segundo a abiogênese, as larvas teriam se formado espontaneamente na água.

a. Como a abiogênese explicaria esse fato?

b. Como a biogênese explica esse fenômeno?
2. b) Fêmeas adultas colocaram seus ovos na água e deles desenvolveram-se as larvas.

c. Explique a importância em não deixar a água se acumular em recipientes. Se necessário, consulte *sites* para completar sua resposta. 2. c) A água parada torna-se criadouro de mosquitos *Aedes aegypti*. Veja mais informações no Manual.

3. Releia a descrição do experimento de Pasteur com um caldo nutritivo (página 144) e responda:
3. a) Altas temperaturas ▶ matam micro-organismos, como bactérias e muitos fungos.

a. Por que Pasteur ferveu o caldo nutritivo?
3. b) Na curva do tubo de vidro formaram-se, por condensação, gotículas ▶ de água que impediam a chegada de micro-organismos presentes no ar até o caldo.

b. Qual foi a importância do balão de vidro ter um "pescoço de cisne"?

4. De forma simplificada, podemos afirmar que uma investigação científica geralmente segue as etapas:

- observação de um fato;
- questionamentos sobre esse fato, procurando compreendê-lo;
- formulação de hipóteses que possam explicar o fato;
- teste da hipótese: planejamento e execução de um experimento (ou de um raciocínio);
- coleta dos resultados;
- conclusões possíveis com base nos resultados obtidos;
- divulgação dos resultados para a comunidade científica.

4. Veja comentários no Manual.

O famoso experimento de Redi fez parte de uma investigação científica que visava verificar a validade da ideia de geração espontânea de vida. Identifique as etapas mencionadas acima no estudo feito por Redi.

5. Qual foi a contribuição dos trabalhos de Oparin e Haldane para a formulação de hipóteses a respeito da origem da vida na Terra?

6. Consulte livros, revistas e *sites* de divulgação científica para conhecer os experimentos realizados pelos cientistas norte-americanos Stanley L. Miller (1930-2007) e Harold C. Urey, na década de 1950. Explique quais foram as contribuições desse trabalho para o desenvolvimento de hipóteses a respeito da origem da vida na Terra.
6. Veja informações no Manual.

7. Coloque os termos a seguir em ordem cronológica, de acordo com a hipótese heterotrófica da evolução do metabolismo. Não se esqueça de justificar sua resposta, esclarecendo os argumentos utilizados pelos defensores dessa hipótese.

Seres aeróbios | Seres fermentadores | Seres fotossintetizantes

8. Para se chegar ao conhecimento científico atual a respeito da idade da Terra, foram necessários muitos estudos ao longo dos últimos séculos. As estimativas da idade de nosso planeta sofreram modificações de acordo com conhecimentos sobre fósseis, placas tectônicas e de outros estudos, sobretudo da Física e Geologia. Mas foi com a descoberta da radioatividade no século XX, a partir da medição dos elementos radioativos presentes em minerais e rochas, que se tornou possível datar, com precisão, as rochas. Como as rochas mais antigas encontradas na crosta terrestre têm cerca de 3,5 bilhões de anos, atualmente estima-se que a Terra tenha surgido há cerca de 4,6 bilhões de anos, como vimos neste capítulo.
8. Veja informações no Manual.

Reúna-se com seus colegas e juntos escolham um dos temas a seguir para pesquisa:

- O que são fósseis e como eles são utilizados na identificação da idade de uma rocha?
- O que é a escala do tempo geológico? Como essa escala está organizada?
- O que é radioatividade e como ela permite aos cientistas saber a idade de uma rocha?
- O que é a teoria da Tectônica de Placas e quais evidências sustentam essa teoria?
- Como o vulcanismo fornece evidências do passado do planeta Terra?

Se desejarem, vocês também podem escolher um outro tema, desde que esteja relacionado ao que estudamos neste capítulo. Reúnam informações em livros, *sites* de divulgação científica e conversas com seus professores das áreas de Física e Geografia. Elaborem, então, um seminário para apresentar aos colegas. Determinem antecipadamente com o professor qual será a duração do seminário e quais recursos audiovisuais podem ser utilizados em sua apresentação.

5. Segundo a hipótese da evolução gradual dos sistemas químicos, moléculas inorgânicas deram origem a moléculas orgânicas simples e, posteriormente, a moléculas orgânicas complexas, culminando com o aparecimento dos coacervados e das primeiras células.

9. a) Final do Ordoviciano: 450 M.a.; Devoniano: 380 M.a.; Permiano: 250 M.a.; Triássico: 200 M.a.; Cretáceo: 65 M.a. [valores aproximados].
9. b) Final do Permiano.
9. c) O gráfico considera a partir do momento em que já existe diversidade de gêneros na Terra.
Os primeiros seres vivos surgiram provavelmente há cerca 3,5 bilhões de anos, mas não há como conhecer essa diversidade inicial.

9. d) Não, pois observa-se no gráfico uma linha contínua indicando a extinção de gêneros ao longo do tempo, e não apenas em determinados momentos. Existem eventos de extinção em massa, o que não significa que nos outros períodos não ocorra a extinção. Aproveite esta questão para abordar a noção de evolução biológica: a biodiversidade de um ambiente (ou da biosfera) se altera ao longo do tempo.

Trabalhando com gráficos

9. O gráfico a seguir apresenta dados obtidos em rochas e no registro fóssil, mostrando a ocorrência de eventos de extinção em massa ao longo da história da Terra. Os nomes marcados nos quadrinhos correspondem aos períodos da história geológica de nosso planeta em que 5 grandes eventos de extinção aconteceram. Analise o gráfico e responda:

Extinção de gêneros na história da Terra

Porcentagem dos gêneros extintos: 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60

Final do Ordoviciano
Final do Devoniano
Final do Permiano
Final do Triássico
Final do Cretáceo

Milhões de anos: 500, 450, 400, 350, 300, 250, 200, 150, 100, 50, 0

Maps World/Acervo da editora

Adaptado de: *Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics.* Disponível em: <https://www.cfa.harvard.edu/~ejchaisson/cosmic_evolution/docs/text/text_bio_5.html>. Acesso em: 18 fev. 2016.

a. Identifique os 5 grandes eventos de extinção em massa e escreva há quanto tempo, aproximadamente, cada um deles ocorreu.

b. Em qual dos eventos de extinção em massa ocorreu a maior perda de biodiversidade?

c. Por que o eixo horizontal do gráfico (eixo x) inicia-se 500 milhões de anos atrás, se esta não é a idade estimada do planeta Terra?

d. A extinção de gêneros ocorre apenas em determinados momentos ao longo do tempo. O gráfico confirma tal afirmação? Por quê?

DIVULGAÇÃO PNLD

10. O gráfico a seguir mostra a variação na concentração de gás oxigênio na atmosfera e dissolvido nos oceanos, em bilhões de anos. Analise o gráfico e responda:

Concentração de gás oxigênio na Terra, ao longo do tempo

Maps World/Acervo da editora

Nível de oxigênio na atmosfera
0%
1-5% da concentração atual
15% da concentração atual
Nível atual de concentração de O_2 no ar

Nível de oxigênio dissolvido nos oceanos: 0% | 0% | Rico em O_2

4,6 bilhões: formação da Terra
3,8 bilhões: primeiros seres vivos surgem nos oceanos
2,7-1,8 bilhões: surgem os seres fotossintetizantes
580 milhões
575 milhões: primeiros animais surgem nos oceanos
543-490 milhões: grande diversificação de animais e plantas aquáticos
Época atual
Tempo (anos)

Adaptado de: *Planet Earth Online. Dawn of the animals.* 24 mar. 2008. Disponível em: <http://planetearth.nerc.ac.uk/features/story.aspx?id=72>. Acesso em: 14 dez. 2015.

10. a) Fotossíntese.

a. Qual processo foi o responsável pelo acúmulo de gás oxigênio (O_2) na atmosfera?

b. O aumento na concentração de O_2 atmosférico está relacionado ao aumento de O_2 dissolvido na água dos oceanos. Segundo o gráfico, existe relação entre o surgimento dos primeiros animais e a concentração de oxigênio nos oceanos? O que justifica tal relação?

10. c) Porque no surgimento dos seres vivos provavelmente não havia gás oxigênio dissolvido nos oceanos, e a fermentação é um processo metabólico que não utiliza esse gás.

c. Por que os cientistas argumentam que os primeiros seres vivos provavelmente obtinham energia por fermentação?

10. d) Fotossíntese. Os seres fotossintetizantes surgiram entre 2,7 e 1,8 bilhões de anos.

d. Atualmente, qual processo natural é responsável pela reposição de gás oxigênio na atmosfera do planeta Terra? Há quanto tempo, aproximadamente, esses seres surgiram na história evolutiva dos seres vivos?

10. b) Sim. De acordo com o gráfico, o acúmulo de gás oxigênio começou há cerca de 2 bilhões de anos; os primeiros animais, que são seres heterótrofos e de respiração aeróbia, surgiram há cerca de 575 milhões de anos. Assim, quando os animais surgiram havia O_2 no ambiente, embora em concentração menor do que a atual.

Ciência, Tecnologia e Sociedade

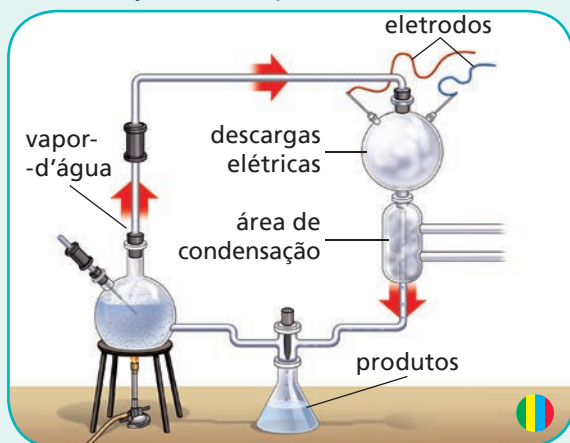
11. Resposta pessoal. Veja comentários no Manual.

11. Em 2015, foram encontradas evidências de água na superfície de Marte. As manchas negras sazonais provenientes do acúmulo de sais hidratados, pareceram confirmar tal possibilidade. Soluções salinas são ambientes propícios à existência de micro-organismos, o que favorece a hipótese de que seja possível encontrar formas de vida fora da Terra. Em sua opinião, qual seria a repercussão e as consequências da confirmação de vida em outro planeta? Discuta com seus colegas e anote as opiniões em seu caderno.

Questões do Enem e de vestibulares

12. a) Moléculas orgânicas simples poderiam ter se formado nas condições físicas e químicas da Terra primitiva.

12. (Unicamp-SP) Em 1953, Miller e Urey realizaram experimentos simulando as condições da Terra primitiva: supostamente altas temperaturas e atmosfera composta pelos gases metano, amônia, hidrogênio e vapor-d´água, sujeita a descargas elétricas intensas. A figura abaixo representa o aparato utilizado por Miller e Urey em seus experimentos.

eletrodos
vapor--d'água
descargas elétricas
área de condensação
produtos

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

a. Qual a hipótese testada por Miller e Urey neste experimento?

12. b) Aminoácidos.

b. Cite um produto obtido que confirmou essa hipótese.

c. Como se explica que O_2 tenha surgido posteriormente na atmosfera?

13. (Enem-2012) Em certos locais, larvas de moscas, criadas em arroz cozido, são utilizadas como iscas para pesca. Alguns criadores, no entanto, acreditam que essas larvas surgem espontaneamente do arroz cozido, tal como preconizado pela teoria da geração espontânea.

Essa teoria começou a ser refutada pelos cientistas ainda no século XVII, a partir dos estudos de Redi e Pasteur, que mostraram experimentalmente que

a. seres vivos podem ser criados em laboratório.

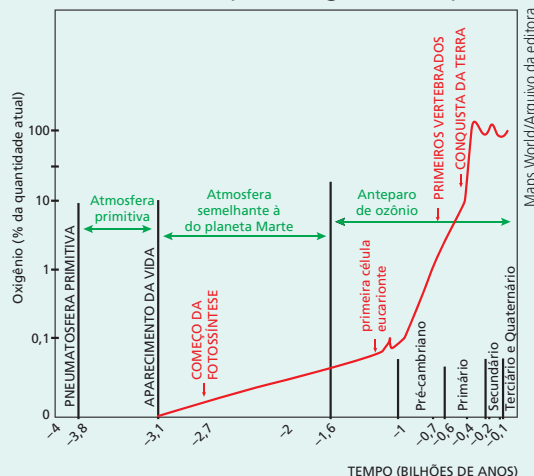
b. a vida se originou no planeta a partir de micro-organismos.

13. c **c.** o ser vivo é oriundo da reprodução de outro ser vivo preexistente.

d. seres vermiformes e micro-organismos são evolutivamente aparentados.

e. vermes e micro-organismos são gerados pela matéria existente nos cadáveres e nos caldos nutritivos, respectivamente.

14. (Enem-2000) O gráfico abaixo representa a evolução da quantidade de oxigênio na atmosfera no curso dos tempos geológicos. O número 100 sugere a quantidade atual de oxigênio na atmosfera, e os demais valores indicam diferentes porcentagens dessa quantidade.

Oxigênio (% da quantidade atual)
100
10
1
0,1
0
Atmosfera primitiva
Atmosfera semelhante à do planeta Marte
Anteparo de ozônio
PRIMEIROS VERTEBRADOS
CONQUISTA DA TERRA
PNEUMATOSFERA PRIMITIVA
APARECIMENTO DA VIDA
COMEÇO DA FOTOSSÍNTESE
primeira célula eucarionte
Pré-cambriano
Primário
Secundário
Terciário e Quaternário
–4 –3,8 –3,1 –2,7 –2 –1,6 –1 –0,7 –0,6 –0,4 –0,2 –0,1
TEMPO (BILHÕES DE ANOS)

Maps World/Arquivo da editora

De acordo com o gráfico é correto afirmar que:

a. as primeiras formas de vida surgiram na ausência de O_2. 14. a

b. a atmosfera primitiva apresentava 1% de teor de O_2.

c. após o início da fotossíntese, o teor de oxigênio na atmosfera mantém-se estável.

d. desde o Pré-Cambriano, a atmosfera mantém os mesmos níveis de teor de oxigênio.

e. na escala evolutiva da vida, quando surgiram os anfíbios, o teor de O_2 já se havia estabilizado.

12. c) O gás oxigênio surgiu na atmosfera após o aparecimento dos seres fotossintetizantes. Esse gás é liberado para o ambiente no processo de fotossíntese.

capítulo 7

Introdução à Citologia e membranas celulares

Citologia significa estudo (***logia***) da célula (***cito***).

COMENTÁRIOS GERAIS

PENSE E RESPONDA

Consulte o glossário etimológico e confira o significado da palavra **citologia**.

Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

A *Euglena* é um exemplo de **ser vivo unicelular**. É um organismo de água doce, com cerca de 80 µm de comprimento. A célula é o objeto de estudo desta unidade.

1 Citologia: estudo da célula

No capítulo 1, há uma breve apresentação do conceito de célula, com a discussão do que é essa estrutura e sua composição química básica. Também são apresentadas algumas informações sobre processos que ocorrem dentro das células, como a fotossíntese, a respiração celular e a fermentação.

No entanto, essas informações iniciais precisam ser aprofundadas, pois, compreendendo melhor o que é uma célula e como ela funciona, você poderá também compreender melhor "o que é a vida", objeto de estudo da Biologia.

Esses conhecimentos terão um papel importante para a sua vida, pois cuidar da saúde é sinônimo de cuidar de suas próprias células!

Nesta unidade estudaremos **Citologia**, que significa "estudo da célula". Vamos iniciá-la analisando tamanho, número e estrutura – e você verá que existem muitos tipos de células!

2 Célula: tamanho, forma e funções

A **célula** é considerada a unidade fundamental de um ser vivo. Existem seres unicelulares, ou seja, aqueles formados por uma única célula, como as bactérias, as amebas e as euglenas. Os unicelulares correspondem à maior parte da biodiversidade conhecida.

Os multicelulares possuem mais de uma célula, que atuam em conjunto, de forma harmônica, promovendo o metabolismo do organismo. Como você já sabe, uma célula sempre se origina de uma célula preexistente. As plantas e os animais (com exceção das esponjas) são multicelulares com células organizadas em tecidos. Os fungos e as algas multicelulares não possuem tecidos verdadeiros.

O macaco-azul é um animal da ordem dos primatas, nativo de florestas da África, e se alimenta de folhas das árvores. Seu corpo mede cerca de 50 cm de comprimento, sem considerar a cauda. Lembrando que **os animais e as plantas são multicelulares**, veja, no detalhe, células epiteliais de primata e células da epiderme da folha.

Getty Images

25 µm

Philippe Psaila/Science Photo Library/Latinstock

30 µm

Philippe Psaila/Science Photo Library/Latinstock

REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DE BIOLOGIA

Veja texto sobre unidades de medida na seção *Vamos criticar o que estudamos?*, no final deste capítulo.

2.1 Qual é o tamanho de uma célula?

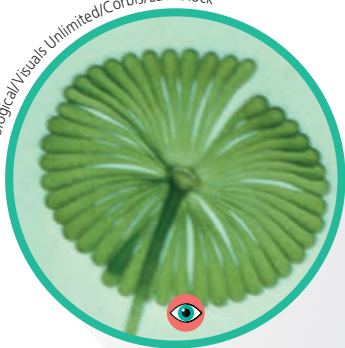
O nosso corpo é formado por células. Por mais atentamente que olhemos para ele, porém, não conseguimos enxergar nenhuma delas, pois como regra geral as células possuem tamanho inferior ao poder de resolução da vista humana, ou seja, ao menor tamanho que a nossa visão é capaz de distinguir.

O poder médio de resolução da visão humana gira em torno de cem **micrometros** (100 μm) e as nossas células possuem tamanho inferior a esse.

O que acabou de ser dito para o corpo humano é válido também para a estrutura celular dos demais seres vivos: suas células possuem tamanho inferior ao poder de resolução da visão humana, sendo, portanto, inferiores a cem micrometros.

Existem, no entanto, exceções: o óvulo humano, por exemplo, mede em torno de 200 micrometros de diâmetro.

Há outros exemplos de células visíveis a olho nu em outros seres vivos: células da alga *Acetabularia*, que vive em água doce, do organismo unicelular marinho do gênero *Noctiluca* e células da bainha de folhas de bananeira, mostrada na página a seguir.

Carolina Biological/Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

Getty Images

Alga *Acetabularia*, que é unicelular e pode ser vista a olho nu, mede cerca de 4 cm de comprimento.

0,2 mm

Sebastian Kaulitzki/Shutterstock

Óvulo e espermatozoide da espécie humana. Compare as dimensões dessas duas células. Os espermatozoides medem cerca de 65 μm de comprimento.

ATENÇÃO

O **micrometro** é um submúltiplo do metro, equivalente a um milionésimo do metro (0,000001 m), o que corresponde à milésima parte do milímetro. O símbolo que representa o micrometro é μm.

Wim van Egmond/Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

A ***Noctiluca*** é um organismo unicelular, encontrada nos mares, sendo uma das principais responsáveis pela luminescência que se pode observar nas águas do mar e na areia molhada da praia. Trata-se de uma célula relativamente grande, podendo medir cerca de 1 mm de diâmetro.

CURIOSIDADE

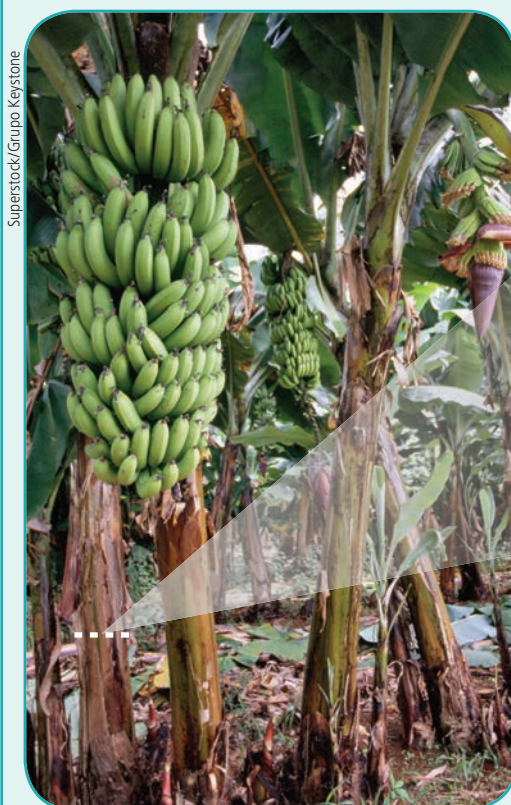
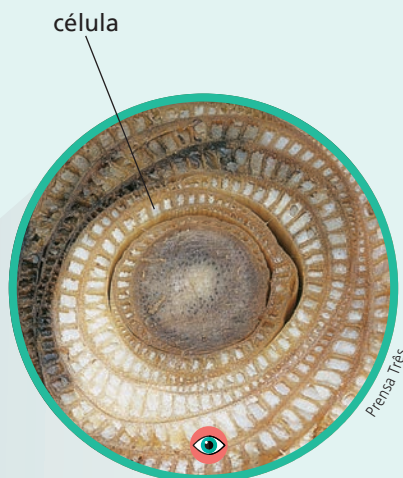
Bananeira

Na bananeira, o que parece caule é formado pelas bainhas entrelaçadas das folhas, não sendo, portanto, um caule verdadeiro e sim um "pseudocaule".

Os índios parecem saber disso, pois chamam a bananeira de "pacoba", que significa "tudo folha".

Superstock/Grupo Keystone

célula

Prensa Três

Bananeira e, no detalhe, corte transversal do pseudocaule, mostrando as grandes **células da bainha das folhas**.

Microscópio utilizado por Robert Hooke no século XVII. No detalhe, visualização do **corte de cortiça** nesse microscópio. Cada célula tem aproximadamente 100 μm de comprimento.

Museu Nacional de Saúde e Medicina

Museu Nacional de Saúde e Medicina, Washington

2.2 Como é possível observar uma célula que não é visível a "olho nu"?

Como a maioria das células não é visível a olho nu, elas só puderam ser estudadas com o advento de um aparelho que permitiu "ver as coisas pequenas", o **microscópio**. Ele era inicialmente formado por um sistema de duas lentes de aumento e uma fonte de luz, que iluminava o material a ser observado.

Em 1665, Robert Hooke, um cientista inglês, estava trabalhando com um microscópio rudimentar e observou uma delgada fatia de cortiça; ele conseguiu, pela primeira vez, distinguir os contornos de uma célula. O termo célula é diminutivo de "cela", que significa cavidade. Assim, Hooke descreveu pequenas cavidades no tecido vegetal que observou. A cortiça é retirada do caule de algumas plantas; trata-se de um tecido morto, utilizado principalmente para a fabricação de rolhas. O que Hooke observou foi a parede celular que delimita as células das plantas e que permanece mesmo após a morte da célula.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

Embora Hooke já houvesse observado a célula em 1665, somente em 1838 foi comprovada por Schleiden a existência de células em plantas e em 1839 foi comprovada por Schwann a existência de células em animais.

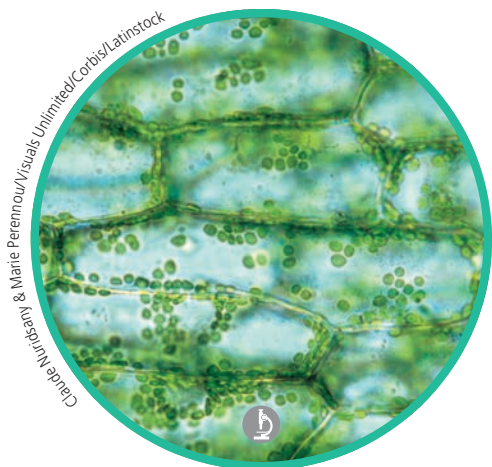
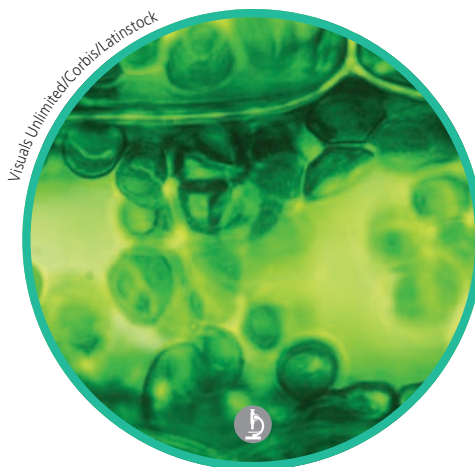
Esses dois cientistas, Schleiden e Schwann, estabeleceram o que ficou conhecido como **doutrina celular**: "todo ser vivo é formado por células".

De fato, existem unicelulares e multicelulares, mas todos os seres vivos, com exceção dos vírus, são formados por células.

Os microscópios utilizados por Hooke, por Schleiden e por Schwann eram equipamentos que utilizavam a luz para iluminar os objetos a serem estudados. Esse tipo de microscópio é conhecido por **microscópio óptico** (**MO**) ou **microscópio de luz** (**ML**).

Andy Aitchison/In Pictures/Corbis/Latinstock

Um dos modelos atuais de **microscópio de luz**, usado para o estudo de células.

Microscópios ópticos são até hoje muito utilizados para o estudo das células. Existem diversos tipos desses microscópios, e alguns chegam a ter aumentos de até cerca de 2 000 vezes, possibilitando o estudo de várias estruturas celulares.

Claude Nuridsany & Marie Perennou/Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

Células de folha da planta aquática *Elodea* visualizadas no microscópio de luz, utilizando uma lente de menor aumento (à esquerda) e uma de maior aumento (à direita). Cada célula de *Elodea* mede cerca de 100 µm de comprimento.

Os microscópios de luz não são suficientes, entretanto, para observação e estudo de algumas estruturas celulares e de detalhes de outras estruturas. Recorre-se, então, ao **microscópio eletrônico** (**ME**), que permite aumentos de até um milhão de vezes, aproximadamente. Neste caso, não se usa a luz para analisar os objetos, mas sim feixes acelerados de elétrons que atingem o objeto em estudo e fornecem a imagem.

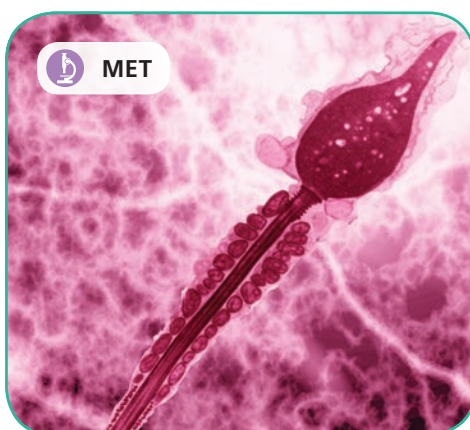
Existem microscópios eletrônicos empregados para analisar cortes extremamente finos de células: eles são chamados **M.E. de transmissão** (**MET**). Outro tipo de microscópio eletrônico é empregado na análise da superfície de células, tecidos e mesmo do corpo dos organismos: ele é chamado de **M.E. de varredura** (**MEV**).

Steve Gschmeissner/Science Photo Library/Latinstock

Microscópio eletrônico de **transmissão**.

Compare as imagens a seguir, que mostram o mesmo tipo celular – espermatozoide do ser humano – visualizado com três microscópios diferentes.

ML

David Parker/Science Photo Library/Latinstock

MET

BSIP/Glow Images

MEV

Steve Gschmeissner/Science Photo Library/Latinstock

> Imagens de **espermatozoides do ser humano** obtidas de diferentes tipos de microscópios: de luz (ML); eletrônico de transmissão (MET) e eletrônico de varredura (MEV). O espermatozoide mede cerca de 65 μm de comprimento.

RECORDE-SE

Uma imagem de DNA obtida por microscópio eletrônico de tunelamento está na página 38, no capítulo 1 deste livro.

Um tipo especial de microscópio eletrônico de varredura é por **tunelamento**, capaz de oferecer aumentos de até cem milhões de vezes, possibilitando até mesmo a observação da superfície de algumas macromoléculas, como é o caso do DNA.

Para cada tipo de microscópio utilizado, existem técnicas especiais de preparação do material a ser observado. Essas técnicas envolvem a fixação para que o material não se deteriore. No caso do estudo de células ao microscópio de luz, podem-se usar corantes quando necessários. Cada material exige o uso de corantes e técnicas diferentes. A imagem de um material obtida por microscópio eletrônico não é colorida, mas a foto pode ser colorizada artificialmente por meio de programas de computador.

As células eucarióticas são maiores que as procarióticas. Os vírus, com raras exceções, são menores que as menores células já conhecidas e são visíveis apenas ao microscópio eletrônico.

A maioria das células apresenta, portanto, dimensões microscópicas.

MULTIMÍDIA

Museu Invivo, Fundação Oswaldo Cruz – A célula
<http://www.invivo.fiocruz.br/celula>
Aqui você encontra informações relacionadas à história do desenvolvimento dos microscópios e à teoria celular.
Acesso em: 21 jan. 2016.

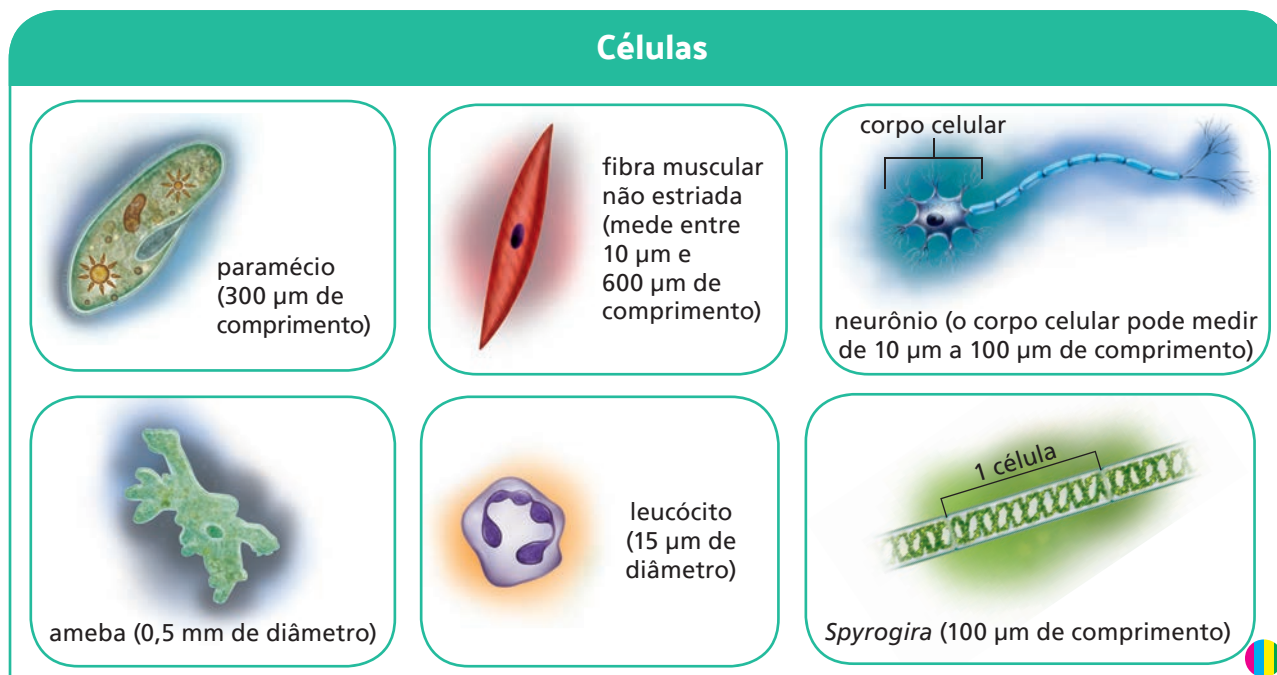
Reprodução

2.3 Qual é a forma de uma célula?

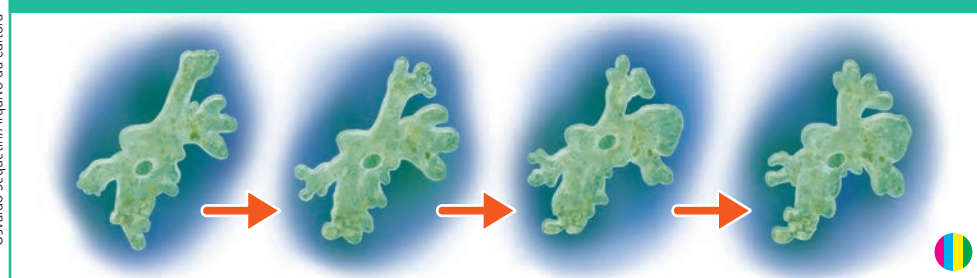
Observe as ilustrações seguintes, que representam algumas células:

Células

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Esquema de **células** ampliadas em escalas diferentes. Os valores fornecidos são valores médios e aproximados.

É muito fácil perceber a existência de células das mais variadas formas: cúbicas, cilíndricas, prismáticas, esféricas, fusiformes, estreladas etc. Existem até células que mudam constantemente de forma, como acontece com as amebas, que são seres unicelulares.

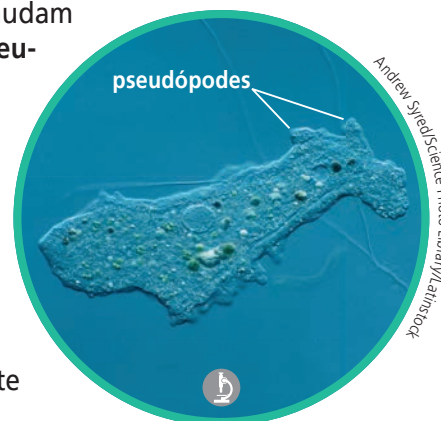
Movimentos de uma ameba

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Ameba, um organismo unicelular capaz de mudar sua forma pela emissão de **pseudópodes**. A ameba mede cerca de 0,5 mm de diâmetro, quando em formato arredondado.

As amebas são os melhores exemplos de seres unicelulares que mudam constantemente de forma, pois emitem prolongamentos, chamados **pseudópodes**, com os quais se locomovem e capturam alimentos.

No nosso corpo também existem células capazes de alterar sua forma, pois emitem pseudópodes parecidos com os da ameba. Essas células são os **macrófagos** e alguns tipos de glóbulos brancos do sangue, como os neutrófilos. Graças aos pseudópodes que emitem, essas células conseguem englobar bactérias e partículas que invadem o nosso organismo, e depois as destroem. Elas exercem, portanto, função de defesa de nosso corpo.

Andrew Syred/Science Photo Library/Latinstock

A maioria das células, no entanto, mantém uma forma relativamente constante de seus contornos.

3 Estrutura básica de uma célula eucariótica

Esquema de **célula animal** representada com parte removida, com destaque para as estruturas citoplasmáticas. As estruturas estão ampliadas em diferentes escalas.

Vamos prosseguir o estudo da célula, suas estruturas e funções, focando a célula eucariótica. Você já sabe que uma célula eucariótica é constituída por três partes básicas: um envoltório – membrana plasmática –, o citoplasma e o núcleo, onde estão os cromossomos, estruturas formadas basicamente por DNA.

Apesar da diversidade de formas e funções, todas as células eucarióticas apresentam algumas estruturas em comum imersas em seu citoplasma, como você pode observar no esquema seguinte, que representa uma célula animal hipotética.

Célula eucariótica animal

membrana plasmática

núcleo

citoplasma

Complexo golgiense (em corte)
Funções:
- acúmulo e eliminação de secreções proteicas;
- síntese de carboidratos.

Mitocôndria (em corte)
Função:
- respiração.

Lisossomos
Função:
- digestão intracelular.

Ribossomo
Função:
- síntese proteica.

Retículo endoplasmático granuloso (em corte)
Funções:
- transporte de material dentro da célula;
- síntese de proteínas.

Centríolos
Funções:
- participação na divisão celular;
- formação de cílios e flagelos.

Retículo endoplasmático não granuloso
Funções:
- transporte de substâncias;
- síntese de esteroides;
- inativação de certos hormônios;
- inativação de substâncias nocivas ao organismo;
- condução intracelular do impulso nervoso nas células do músculo estriado.

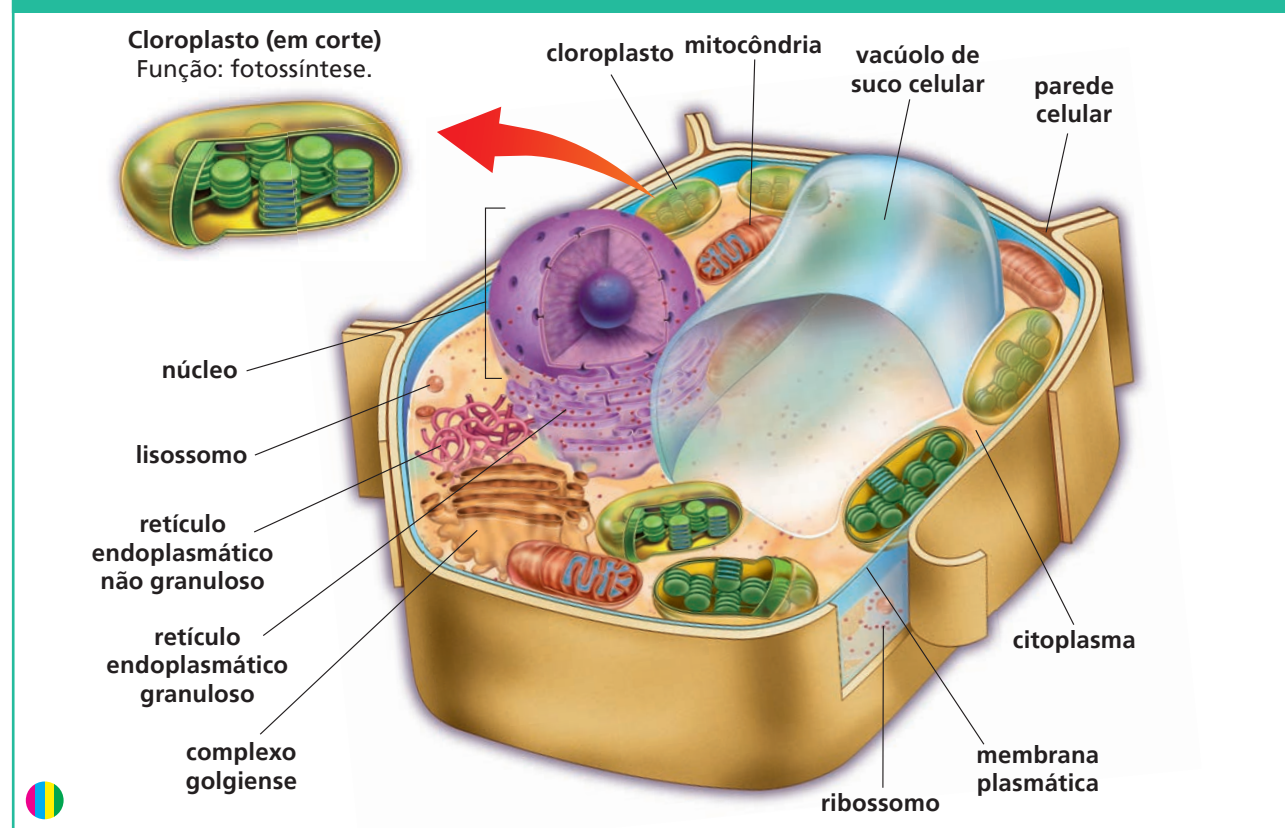
Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Retículo endoplasmático, lisossomo, complexo golgiense e mitocôndrias são estruturas citoplasmáticas delimitadas por membranas e recebem o nome de **organelas**. Além de organelas, há no citoplasma estruturas especiais que são os ribossomos e os centríolos. Cada organela e estrutura têm função específica na célula e você vai estudá-las ao longo deste livro.

Comparando uma célula animal com uma célula vegetal, você pode notar algumas diferenças. Observe o esquema seguinte, que representa uma célula vegetal, comparando-o com o esquema que você já viu, de uma célula animal.

Célula eucariótica vegetal

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Esquema de **célula vegetal** representada com parte removida, com destaque para as estruturas citoplasmáticas. As estruturas estão ampliadas em diferentes escalas.

O esquema mostra que a célula vegetal possui um revestimento inexistente na célula animal: a **parede celular**.

A parede celular é um revestimento que ocorre nas células de muitos seres vivos e geralmente é muito resistente. Nas células vegetais ela é constituída principalmente por celulose e por essa razão é também conhecida por membrana celulósica. A resistência da celulose pode ser considerada equivalente à do aço, quando comparamos pedaços de mesmo comprimento e mesma massa.

No esquema da célula vegetal você pode observar facilmente a presença de duas outras estruturas que não ocorrem na célula animal: os vacúolos de suco celular e os cloroplastos.

Os **vacúolos de suco celular** estão relacionados com a capacidade da célula vegetal conter maior ou menor quantidade de água, variando o seu nível de turgor.

Os **cloroplastos** pertencem a um grupo de organelas conhecidas por **plastos**. Os cloroplastos têm esse nome devido à presença do pigmento verde **clorofila,** indispensável para a fotossíntese.

3.1 Forma e função das células

Nos seres multicelulares, há especialização das células de modo que certos grupos celulares desempenhem funções distintas das de outros grupos celulares.

No caso da espécie humana, por exemplo, existem numerosas funções a serem exercidas pelo organismo: locomoção, digestão, respiração, excreção, audição, reprodução etc.

Será que as células diretamente ligadas com a locomoção, como as musculares, possuem a mesma forma e função daquelas que estão diretamente ligadas com a reprodução, com o revestimento do corpo, com a percepção do gosto, com a visão, ou com outras funções?

De modo geral, os organismos multicelulares originam-se de uma única célula, a célula-ovo ou zigoto. É essa célula que sofre várias divisões e dá origem a todas as células do corpo. Das primeiras divisões celulares sofridas pelo zigoto resultam células embrionárias indiferenciadas, isto é, não especializadas em alguma função. Essas primeiras células embrionárias normalmente são arredondadas e possuem núcleo relativamente grande.

À medida que as células se dividem, ocorre também o processo de **diferenciação celular**: grupos de células especializam-se na execução de determinadas funções. Nesse processo, as células sofrem modificações em sua estrutura, apresentando forma e função específicas. Normalmente, após a fase de diferenciação celular, as células já diferenciadas que se reproduzem dão origem a células semelhantes a elas, ou seja, igualmente diferenciadas. A diferenciação celular é assunto que será aprofundado mais adiante, no capítulo 11.

Veja nas imagens desta página alguns exemplos de células do corpo humano, formadas, como todas as outras, a partir da célula-ovo, pelo processo de divisão e diferenciação celular.

As imagens mostram células fusiformes (fibras musculares), células estreladas com prolongamentos (células nervosas e célula óssea), células arredondadas capazes de emitir pseudópodes (leucócitos), células discoides (hemácias) e células prismáticas (do tecido epitelial). A forma das células está associada à sua função. Conjuntos de células que atuam de maneira integrada no desempenho de determinadas funções formam os **tecidos**. Além dos tipos celulares característicos, um tecido é formado por substâncias produzidas e liberadas por essas células, constituindo um meio ou matriz extracelular.

Ron Boardman/Frank Lane Picture Agency/Corbis/Latinstock

> **Tecido muscular estriado esquelético**: observe as estrias transversais. Em vermelho, hemácias, que medem cerca de 7 μm de diâmetro.

Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

> **Célula óssea** ou **osteócito**, que mede cerca de 25 μm em sua maior dimensão.

Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

> Corte histológico de **tecido epitelial de revestimento**, formado por células alongadas sem espaço entre elas. Cada célula mede cerca de 20 μm de comprimento.

Dennis Kunkel/Phototake/Glow Images

> **Neurônios** (o corpo celular, colorido em amarelo, pode chegar a 100 μm de comprimento).

Microworks Color/Phototake/Glow Images

> **Hemácias**, os glóbulos vermelhos do sangue. Cada hemácia mede cerca de 7 μm de diâmetro.

Prof Matthias Gunzer/Science Photo Library/Latinstock

> Um **leucócito** (em tom azulado) emitindo pseudópodes e englobando esporos de fungo (em vermelho), que serão destruídos. Este tipo de leucócito mede cerca de 12 μm de diâmetro.

4 Envoltórios das células

Vamos agora analisar as membranas que envolvem as células e os mecanismos de troca entre a célula e o meio onde está.

Os organismos unicelulares vivem em contato direto com o meio ambiente, mas as células dos multicelulares não ficam em contato direto com o ambiente externo ao corpo, com exceção das células de revestimento.

Independentemente de estarem revestindo o corpo ou compondo tecidos mais internos, as células precisam trocar constantemente matéria com o meio externo. Essa troca está sempre relacionada com as propriedades da **membrana plasmática**, estrutura que delimita a célula.

Nos seres em que há parede celular, estrutura externa à membrana plasmática, essa troca também depende das propriedades dessa estrutura. Apresentam parede celular as células de plantas, de certos protistas, dos fungos e da maioria dos procariontes.

As paredes das células procarióticas são constituídas pelo **peptidoglicano**, composto típico dos procariontes, formado pela associação de um carboidrato com uma proteína.

Entre os protistas, a parede celular, quando existente, possui composição química muito variada entre os diferentes grupos, sendo em alguns formada basicamente por celulose e, em outros, por sílica. Em todos os casos, a parede é permeável.

Neste momento, vamos nos deter apenas na parede celular das plantas, formada principalmente por **celulose**.

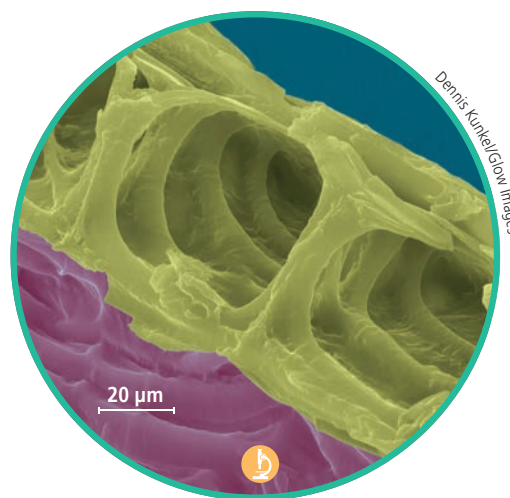
A celulose também está presente na parede celular de alguns fungos, mas na maioria deles a parede celular é constituída principalmente de quitina, que também é um carboidrato, como a celulose.

RECORDE-SE

Membrana plasmática
Presente em todos os tipos celulares.

Parede celular
Presente nas células procarióticas e nas eucarióticas de plantas, fungos e alguns protistas. Em cada grupo, possui diferentes composições químicas.

Paredes celulares de células vegetais, coloridas em verde. Trata-se de uma estrutura resistente, que dá forma à célula.

20 µm

Dennis Kunkel/Glow Images

4.1 Parede celular das células de plantas

A **parede celular** das células vegetais é feita de celulose, um polissacarídeo que confere resistência mecânica à célula. Ela é permeável, propiciando a passagem tanto do solvente quanto do material dissolvido das soluções com as quais entra em contato.

Além de celulose, a parede celular contém outros compostos e em alguns casos pode sofrer impregnações e modificações. Certas impregnações podem diminuir a permeabilidade e aumentar a resistência mecânica da parede. A impregnação de **lignina**, por exemplo, pode determinar extraordinário aumento da resistência física, mas impermeabiliza a célula, que acaba morrendo. Tecidos vegetais ricos em células mortas em função da adição de lignina à parede celular são usados na fabricação de fibras têxteis, como o linho e a juta.

Geoff Kidd/Science Photo Library/Latinstock

Linho da Nova Zelândia (*Phormium tenax*), variedade de folhas amareladas. As plantas dessa espécie fornecem fibras resistentes, derivadas de tecidos ricos em lignina. Elas podem medir até 3 m de altura.

Para comentários a respeito das questões da seção *Pense e responda*, consulte o Manual.

PENSE E RESPONDA

Você já viu o que acontece com uma rolha de cortiça colocada em uma vasilha com água? A cortiça flutua na água. Sobre a cortiça, responda em seu caderno:

a. Explique o que é a cortiça.

b. Relacione sua explicação à imagem da página 154, que mostra a visualização de cortiça no microscópio de Hooke. O cientista inglês observou células vivas?

c. Por que a cortiça flutua na água? Utilize seus conhecimentos sobre densidade para responder.

d. Consultando o material de Física, procure descobrir por que a cortiça tem propriedades isolantes.

Flavio Nigro/Acervo do fotógrafo

Cordelia Molloy/Science Photo Library/Latinstock

A **cortiça** pode ter diversos usos comerciais, como confecção de rolhas e de estruturas isolantes, tanto de som quanto de calor.

Outra impregnação importante é a s**uberificação**: as células próximas à periferia do caule têm **suberina** associada à parede celular. A suberina é pouco permeável e impede as trocas gasosas, levando essas células à morte. O conjunto das células mortas ricas em suberina forma um tecido chamado **súber**, que constitui um isolante térmico das plantas. Em algumas espécies de plantas o súber é muito espesso, sendo empregado para fazer a **cortiça** comercial usada em rolhas e outros produtos.

Em células de revestimento de folhas de certas espécies de plantas há deposição de **cera** na superfície exposta da parede celular. A cera atua impedindo a perda de água da célula para o meio externo.

Na parede celular pode haver deposição de **cutina**, formando uma **cutícula** que protege partes da planta contra a evaporação. A cutícula é normalmente bem desenvolvida em plantas de regiões secas (plantas xerofíticas), sendo observada principalmente nas partes expostas ao ar, como acontece com as folhas, por exemplo.

Durante o amadurecimento dos frutos, a parede celular passa por processo de **gelificação**, adquirindo um aspecto de mucilagem.

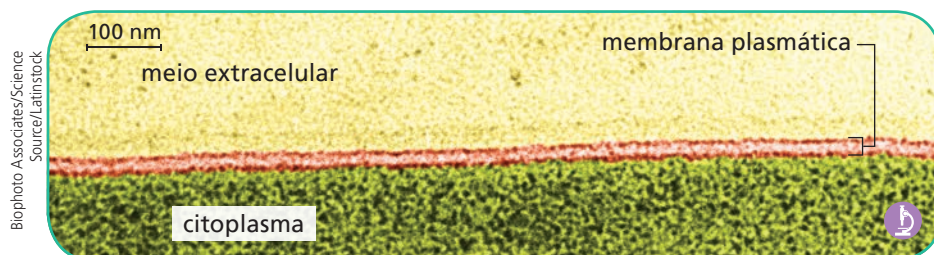
Charles O'Rear/Corbis/Latinstock

Extração de cortiça da árvore conhecida como **sobreiro** (*Quercus suber*), em Portugal. A cortiça é obtida do súber desenvolvido dessa árvore e sua extração não prejudica a planta, desde que seja feito de modo adequado.

4.2 Membrana plasmática

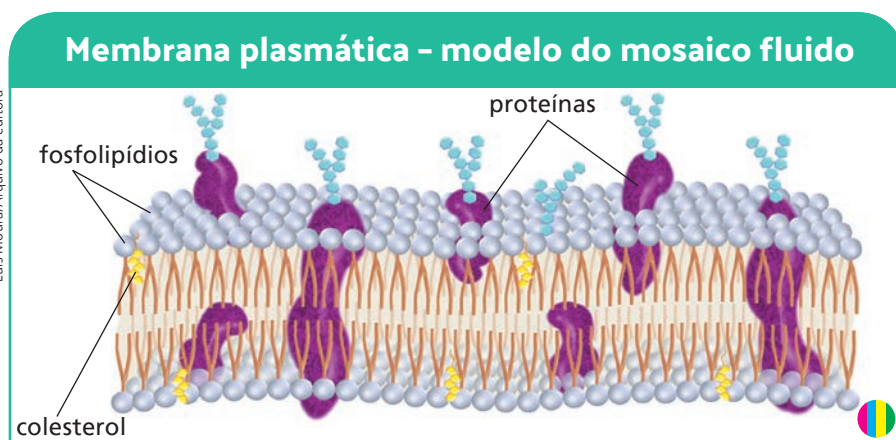
Diferente da parede celular, a **membrana plasmática** é sempre **lipoproteica**, isto é, formada por moléculas de lipídios, mais especificamente de fosfolipídios, e de proteínas. Essa é também a composição das membranas que revestem o núcleo e as organelas membranosas, como o retículo endoplasmático, a mitocôndria e o cloroplasto.

Os fosfolipídios formam bicamadas (duas camadas) fluidas onde as proteínas ficam imersas. Ao microscópio eletrônico, a bicamada de fosfolipídios é visível, como você pode verificar na imagem a seguir.

Biophoto Associates/Science Source/Latinstock

A **membrana plasmática** é constituída por uma bicamada de fosfolipídios.

O esquema mostrado a seguir, que se baseia em observações feitas ao microscópio eletrônico, ilustra, de forma simplificada, o modelo mais aceito atualmente para representar a estrutura da membrana plasmática.

Membrana plasmática – modelo do mosaico fluido

Luis Moura/Arquivo da editora

Esquema representando a estrutura da **membrana plasmática** de acordo com o "modelo do mosaico fluido". As moléculas de colesterol estão presentes apenas nas células animais, dando estabilidade à estrutura.

A membrana plasmática é considerada semipermeável, pois permite a passagem do solvente e impede ou dificulta a passagem de certos solutos (material dissolvido).

Essa semipermeabilidade é seletiva, o que resulta em importante controle dos materiais que entram na célula e dela saem.

A passagem do solvente ou do soluto pode ocorrer tanto no sentido de fora para dentro, como de dentro para fora da célula. De modo geral, as moléculas pequenas, principalmente as solúveis em lipídios, como as de oxigênio e as de gás carbônico, passam livremente pela membrana plasmática. Já as moléculas maiores têm sua passagem controlada por proteínas que atravessam a bicamada de fosfolipídios e que atuam como canal de passagem para determinadas moléculas.

A membrana celulósica, por ser permeável, permite a passagem de todos os componentes da solução, nos dois sentidos.

MULTIMÍDIA

TED Talks – David Bolinsky anima uma célula

<http://www.ted.com/talks/david_bolinsky_animates_a_cell?language=pt-br>

Conheça o trabalho do ilustrador científico David Bolinsky e sua equipe: uma animação mostrando como é o interior de uma célula, com base nos conhecimentos moleculares atuais. As estruturas são representadas em detalhes, caso da proteína cinesina, uma transportadora no citoplasma. As legendas estão disponíveis em português.

Acesso em: 22 jan. 2016.

Reprodução

Para alunos do Ensino Médio, não será possível compreender de modo aprofundado as estruturas representadas na animação citada na seção *Multimídia*, elaborada para o ensino superior. No entanto, a animação é muito interessante por permitir vislumbrar o dinamismo e a complexidade da célula.

5 Mecanismos de transporte através de membranas

Para entender melhor os mecanismos de transporte através da membrana plasmática e de outras membranas fosfolipídicas, precisamos falar sobre concentração de soluções. Uma solução é composta por um solvente e pelas substâncias nele dissolvidas, chamadas solutos. Acompanhe a descrição dos procedimentos a seguir, em que o solvente é a água e o soluto, o açúcar (sacarose).

Utilizando cinco copos iguais, colocamos a mesma quantidade de água em quatro deles, que serão divididos em dois grupos: grupo **A**, formado por **A_1** e **A_2** e grupo **B**, formado por **B_1** e **B_2**. Em seguida, colocamos uma colher pequena de açúcar em cada copo do grupo **A** e três vezes essa quantidade em cada copo do grupo **B**, obtendo quatro soluções de água com açúcar.

As soluções **A_1** e **A_2** são iguais entre si, mas diferentes de **B_1** e **B_2**, que também são iguais entre si.

Se retirarmos 1 cm^3 da solução **A_1** e 1 cm^3 da solução **B_1** e compararmos as concentrações dessas duas porções, haverá maior quantidade de açúcar na solução **B_1**.

Preparo das soluções

Luis Moura/Arquivo da editora

Apesar de visualmente semelhantes, as duas amostras não são idênticas: a solução **B_1** tem maior concentração do que a solução **A_1**, pois tem maior quantidade de soluto quando comparamos volumes iguais.

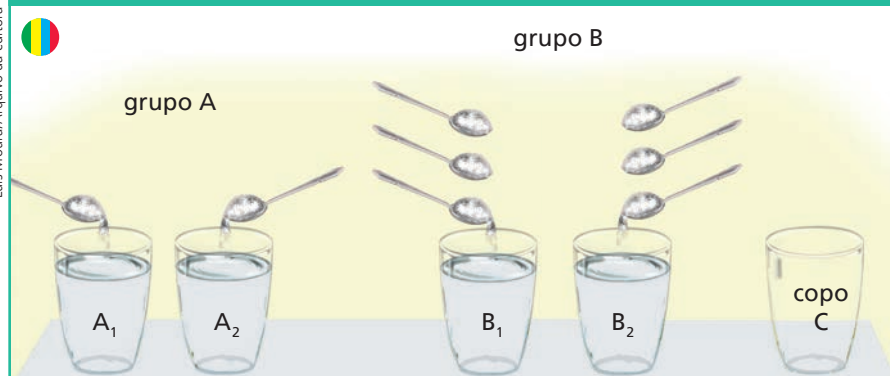
Comparação das soluções

Luis Moura /Arquivo da editora

Comparando, então, a concentração das soluções presentes nos copos em questão, podemos dizer que:

- as soluções **A_1** e **A_2** são **isotônicas**, pois possuem a mesma concentração; o mesmo acontece entre as soluções **B_1** e **B_2**;
- a solução **A_1** é **hipotônica** em relação a **B_1**, pois sua concentração é **menor**;
- a solução **B_1** é **hipertônica** em relação a **A_1**, pois sua concentração é **maior**.

As expressões **igual**, **menor** e **maior** somente têm sentido comparativo. Assim, por exemplo, não podemos dizer apenas que uma solução é isotônica, ou seja, que ela tem concentração igual. É preciso dizer com qual solução ela está sendo comparada. Podemos dizer, por exemplo, que duas soluções são isotônicas, significando que elas têm a mesma concentração.

De forma semelhante, quando mencionamos que uma solução é mais concentrada do que outra, devemos dizer, por exemplo, que a solução **A** é hipotônica em relação à solução **B**, que, por sua vez, é hipertônica em relação à solução **A**.

RECORDE-SE

Concentração
Quantidade de soluto por unidade de volume da solução.

5.1 Difusão

Vamos agora abordar um dos mecanismos de transporte através das membranas celulares: a **difusão**. Para isso, vamos retomar os exemplos dados aqui.

Colocamos, agora, as soluções $\mathbf{A_1}$ e $\mathbf{B_1}$ em contato num recipiente qualquer, sem causar agitação na água e deixando o recipiente em repouso por alguns minutos. Depois desse tempo, retiramos desse recipiente, com o copo **C**, a mesma quantidade de solução existente nos copos $\mathbf{A_2}$ e $\mathbf{B_2}$.

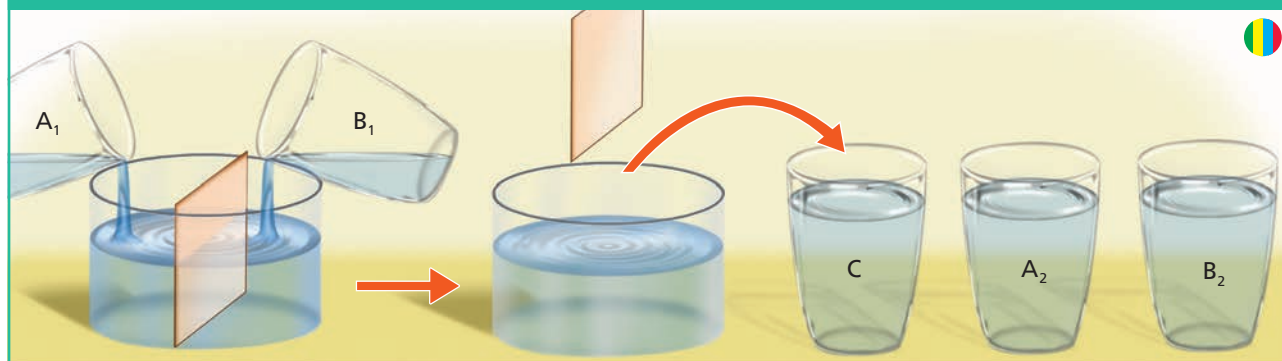
Quando duas soluções de concentrações diferentes são colocadas em contato, as moléculas do soluto deslocam-se do ponto onde estão mais concentradas para onde estão menos concentradas de maneira a distribuírem-se igualmente por toda a nova solução. Esse processo de movimento de moléculas do soluto do local onde estão mais concentradas para o local onde estão menos concentradas de maneira a igualar a concentração é chamado **difusão**.

Observe a representação a seguir:

Resposta pessoal. Ao prosseguir a leitura, o aluno pode comparar as informações do texto com sua resposta a esta atividade.

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

Observem atentamente o esquema a seguir e juntos procurem explicar se as concentrações são iguais ou diferentes, nos copos C, A_2 e B_2. Façam anotações em seu caderno, especificando se a solução do copo C em relação à dos copos A_2 e B_2 é isotônica, hipotônica ou hipertônica.

Comparação da concentração de soluções

Luis Moura/Arquivo da editora

As soluções dos copos do grupo **A** são menos concentradas que as do grupo **B**. Ao serem colocadas em contato ($\mathbf{A_1}$ e $\mathbf{B_1}$), forma-se uma nova solução, que foi coletada no copo **C**. Esta nova solução terá concentração igual à média das concentrações das soluções $\mathbf{A_2}$e $\mathbf{B_2}$. Dessa maneira, a concentração da solução do copo **C** é maior que a do copo $\mathbf{A_2}$ e menor que a do copo $\mathbf{B_2}$. Sendo assim, a solução **C** é hipertônica em relação a $\mathbf{A_2}$ e hipotônica em relação a $\mathbf{B_2}$.

O processo de difusão também ocorre quando as soluções de concentrações diferentes estão separadas por membrana permeável, como é o caso da parede celular, ou semipermeável, como a membrana plasmática. Pela parede celular o processo de difusão ocorre sempre, pois é uma estrutura permeável. Já por meio da membrana plasmática, esse processo encontra restrições e não ocorre para a maioria das moléculas, pois essa membrana é semipermeável.

Pela membrana plasmática há difusão de pequenas moléculas, como é o caso do CO_2, do O_2 e de certos íons. Essas moléculas e íons difundem-se sempre do local onde estão mais concentrados para o local onde estão menos concentrados e é essa diferença de concentração que determina se o seu movimento será do interior da célula para o meio externo ou vice-versa. Se há mais CO_2 dentro da célula e menos fora dela, por exemplo, a saída de moléculas de CO_2 da célula se torna mais intensa do que a entrada.

A membrana plasmática, no entanto, não permite a passagem de certos íons e moléculas, especialmente as maiores e as não solúveis em lipídio. Existem outros mecanismos de transporte, como veremos a seguir.

RECORDE-SE

Difusão

Passagem de partículas ou solutos do meio mais concentrado para o menos concentrado.

‹5.2› Difusão facilitada

Algumas substâncias dissolvidas não podem entrar na célula ou dela sair simplesmente atravessando a membrana plasmática. É o caso das moléculas de glicose, de aminoácidos e de certos íons, como o cálcio e o cloro.

Existem, no entanto, proteínas transportadoras na membrana plasmática, localizadas na camada dupla de fosfolipídios, estabelecendo uma comunicação entre o meio extracelular e o citoplasma. Essas proteínas funcionam como um canal por onde um determinado soluto pode entrar na célula ou dela sair, seguindo o sentido da difusão: passagem do soluto do meio mais concentrado para o meio menos concentrado.

Cada proteína transportadora é específica para um tipo de partícula ou molécula. Os canais de íons cálcio, por exemplo, não permitem a passagem de outras substâncias, apenas do cálcio.

Esse processo é chamado de **difusão facilitada** e constitui mais um tipo de **transporte passivo**, que não requer gastos de energia pela célula e ocorre a favor de um gradiente de concentração, tendendo a igualar as concentrações de solutos dentro e fora da célula.

Difusão facilitada

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Modelo simplificado da **difusão facilitada**: o soluto se move por meio da proteína transportadora (1). Na presença de um estímulo, a proteína sofre transformações em sua estrutura espacial e abre-se um canal de passagem (2).

‹5.3› Osmose

A **osmose** é um processo passivo de passagem de moléculas de água pela membrana semipermeável no sentido da solução menos concentrada para a mais concentrada. Pensando nas células, esse movimento de água ocorre por meio de proteínas transportadoras especiais de suas membranas que atuam como canais de passagem de água, chamados **aquaporinas**. A diferença de concentração entre o meio externo e o interno é que vai definir, por exemplo, se a água entra na célula ou dela sai. Analise o esquema ao lado.

Osmose

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Modelo simplificado representando a **osmose**: moléculas de água ( ) se movem pela membrana plasmática por meio de proteínas transportadoras, as aquaporinas (representadas em corte). As bolinhas verdes representam solutos. Observe que a água vai do meio menos concentrado para o mais concentrado.

Resposta pessoal. Ao prosseguir a leitura, o aluno pode comparar as informações do texto com sua resposta a esta atividade.

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

Interpretem o seguinte experimento: uma pesquisadora, procurando investigar o fenômeno de osmose em células humanas, colocou células vermelhas (hemácias) do sangue em meios com concentrações distintas. Depois de certo tempo, analisou-as ao microscópio eletrônico de varredura, tendo obtido os resultados mostrados nas imagens e nas ilustrações.

Nota: um experimento como esse só pode ser realizado por pessoas devidamente treinadas e em laboratórios especializados, pois envolve manipulação de sangue e riscos à saúde.

Explique esses resultados e diga se os meios **A**, **B** e **C** são hipotônicos, hipertônicos ou isotônicos em relação ao meio intracelular.

A

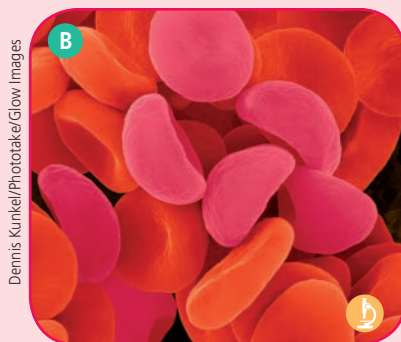
Dennis Kunkel/Phototake/Glow Images

Hemácias com aspecto normal

B

Dennis Kunkel/Phototake/Glow Images

Hemácias inchadas

C

Dennis Kunkel/Phototake/Glow Images

Hemácias murchas

Analisando as imagens acima, que mostram hemácias humanas em meios de diferentes concentrações, observa-se que no meio **A** a célula apresenta aparência normal, indicando que ela foi colocada em meio isotônico com seu citoplasma. Assim, a água não entra nem sai em excesso da célula, estando em equilíbrio com o meio.

Já o meio **B** deve ser hipotônico em relação ao meio intracelular, pois houve entrada de água na célula, o que pode levar ao rompimento da membrana plasmática. Por osmose, a água passa pela membrana plasmática da célula do meio menos concentrado para o mais concentrado. No meio **C**, como a célula murchou, ela deve ter perdido água por osmose para o meio, que deve ser hipertônico em relação ao meio intracelular.

Os indivíduos unicelulares frequentemente vivem mergulhados em um substrato de concentração equivalente à deles; em alguns casos, no entanto, ocorrem diferenças significativas entre a concentração do meio e a concentração da célula, que é todo o indivíduo.

Entre os protozoários de vida livre, por exemplo, existem os que são marinhos e os que são de água doce. Em ambos os casos, precisam manter o equilíbrio osmótico entre o seu corpo e o ambiente em que vivem. Protozoários de água doce e alguns marinhos possuem uma organela especializada em eliminar o excesso de água que entra normalmente por osmose em sua célula: trata-se do **vacúolo pulsátil**, ou **vacúolo contrátil**. Os vacúolos contráteis eliminam o excesso de água que penetra por osmose na célula.

O desenho esquemático ao lado mostra um paramécio, protozoário muito comum em água doce, no qual podemos observar os vacúolos pulsáteis.

PENSE E RESPONDA

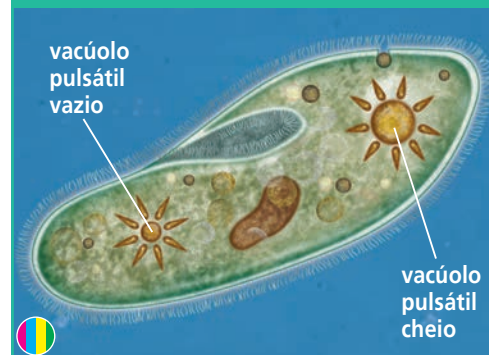
Consulte o glossário etimológico e dê o significado da palavra **hemólise.** Relacione o significado dessa palavra ao processo biológico cujo resultado está representado na figura **B**.

Hemólise refere-se à ruptura ou quebra (*lise*) da membrana plasmática das hemácias, as células vermelhas do sangue (*hemo*). A figura **B** mostra hemácias em meio hipotônico; a entrada de água no citoplasma, por osmose, pode causar o rompimento dessas células.

Paramécio

vacúolo pulsátil vazio

vacúolo pulsátil cheio

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Esquema de um **paramécio**, mostrando o citoplasma, em que um vacúolo pulsátil está com a sua parte central já cheia, prestes a se contrair e jogar água para fora da célula; mostra também outro vacúolo logo após ser esvaziado. O paramécio mede cerca de 300 µm de comprimento.

ATIVIDADE PRÁTICA

Observando o efeito da osmose

ALERTA A atividade deve ser feita apenas sob a supervisão do professor.

A osmose pode ser facilmente observada em nível macroscópico, com a utilização de materiais como papel celofane – o importante é que seja uma superfície semipermeável, ou seja, que possua permeabilidade seletiva. Um material excelente para esse estudo é a membrana que fica entre a casca e a clara de um ovo comum de galinha. Essa membrana semipermeável não é a membrana plasmática, pois o ovo não é uma célula; ele é formado pela gema que, enquanto desce pelo oviduto da ave, recebe inicialmente a clara, depois a membrana fibrosa e finalmente a casca.

Veja no Manual comentário sobre a estrutura do ovo de galinha.

Material necessário

- Água – pode ser em uma jarra, por exemplo;
- 2 béqueres ou copos transparentes, de tamanho que permita a introdução de um ovo, com relativa folga;
- 1 béquer ou copo menor;
- 2 ovos comuns de galinha, crus;
- açúcar comum refinado (sacarose);
- anilina comestível (utilizada em culinária);
- uma colher comum.

O ideal é água destilada, mas pode ser água comum de torneira.

Procedimentos

1. Preparem, no copo menor, uma solução concentrada de sacarose, adicionando-a aos poucos na água, mexendo e observando. Continuem assim até que a sacarose comece a se depositar no fundo – nesse ponto, a solução estará saturada. Acrescentem algumas gotas de anilina, que tem a finalidade apenas de favorecer a visualização do resultado.
2. Usando os dois copos maiores, coloquem, em cada um deles, água até pouco mais da metade de seu volume.
3. Quebrem os dois ovos em sua parte mais estreita, desprezando a clara e a gema. Com muito cuidado para não ferir a membrana interna, retirem, dos dois ovos, um pouco da casca da parte oposta, que é a mais espessa do ovo (veja foto I).
4. Dentro de um dos ovos, coloquem a solução de sacarose, até aproximadamente a terça parte de seu volume interno. No outro ovo, coloquem a mesma quantidade, mas somente de água. Cada ovo deve ser cuidadosamente colocado em um copo, de modo a flutuar na água (veja foto II).
5. Observe o que acontece com cada ovo, por alguns minutos.

I

II

Fotos: Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

Interpretando os resultados

Enquanto aguardam alguns minutos, respondam: a água do copo em que está o ovo que contém a solução de açúcar ficará, aos poucos, tingida e adocicada, somente adocicada, somente tingida ou nada disso deverá acontecer?

Após a observação dos resultados, respondam:

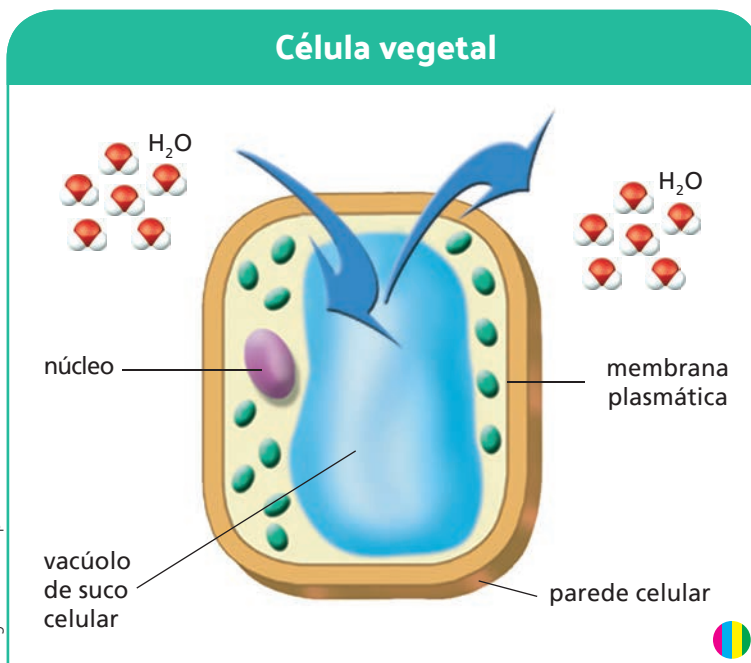
a. Os resultados obtidos foram os esperados? Se houve alguma diferença entre o que esperavam e o que aconteceu, como explicam essa diferença?
b. Qual é a finalidade de se utilizar o copo com o ovo contendo apenas água?
c. Conversem com os colegas dos outros grupos e comparem os resultados obtidos por eles.
d. Vocês podem criar um *blog* e publicar nele sua investigação, inserindo fotos, vídeos, diagramas. Relacionem os resultados aos processos estudados neste capítulo. Veja comentários no Manual.

Osmose em células vegetais

Vamos analisar agora o que acontece com células em que há parede celular, estrutura resistente e permeável. As células vegetais possuem parede celular resistente e que mantém a forma da célula constante, independentemente da quantidade de água contida na célula.

No citoplasma, essas células possuem uma organela membranosa muito grande, o **vacúolo de suco celular**, que ocupa quase todo o volume da célula adulta. Essa organela contém uma solução aquosa com concentração semelhante à do restante do citoplasma, e que é fundamental nos processos osmóticos. Praticamente toda a água que entra na célula e que dela sai é proveniente do vacúolo.

Célula vegetal

Esquema simplificado de célula vegetal indicando a **entrada e a saída de água no vacúolo de suco celular**. Os elementos da figura não estão representados em escala.

Se uma célula vegetal é colocada em meio hipotônico, ou seja, com concentração menor do que a do interior celular, especialmente do vacúolo, ou se for água destilada (sem solutos), há entrada de água na célula até certo limite, imposto pela parede celular, que fica sob tensão. Essa água fica armazenada principalmente no vacúolo. Nesse estágio, diz-se que a célula está **túrgida** e ela não estoura.

Se uma célula túrgida é colocada em meio hipertônico, há saída de água da célula e a parede celular deixa de ficar sob tensão, falando-se que a célula está **flácida**. Se o meio for muito hipertônico, a célula continua a perder água e a membrana plasmática separa-se da parede celular. Esse processo tem o nome de **plasmólise**, e dizemos que a célula está **plasmolisada**.

A plasmólise pode ser revertida colocando-se em meio hipotônico a célula plasmolisada. Nesse caso, há entrada de água na célula e ela pode voltar a ficar túrgida dependendo da concentração do meio externo. Fala-se, nesse caso, em **deplasmólise**.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

Efeitos da osmose em célula vegetal

Esquema representando variações em **célula vegetal** quando colocada em A meio hipotônico, B meio isotônico e C meio hipertônico.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

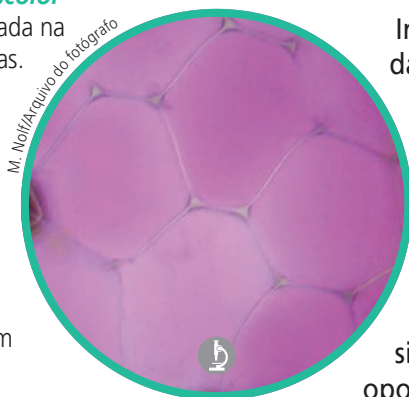
DEA/G.CIGOLINI

A espécie ***Rhoeo discolor*** apresenta cor arroxeada na face inferior das folhas.

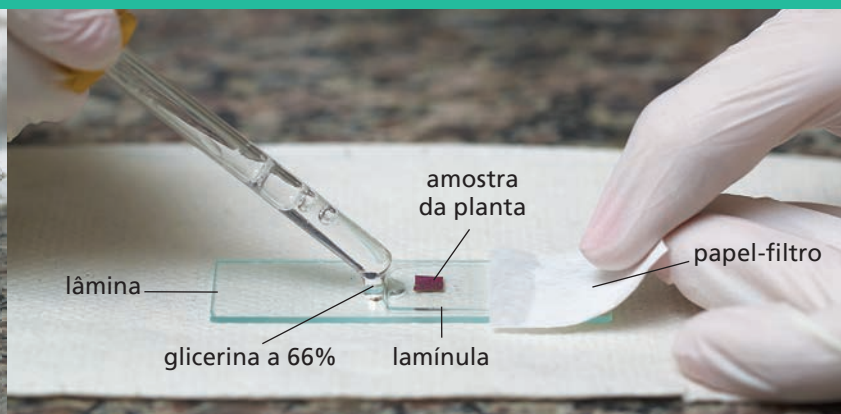
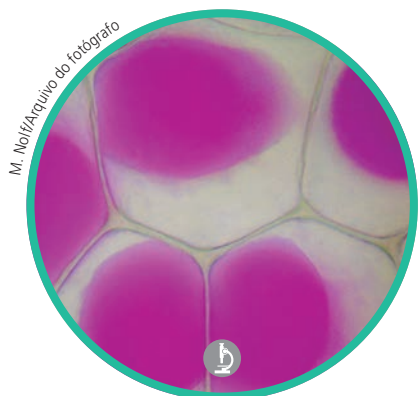
Experimentalmente, podemos provocar a plasmólise, utilizando uma solução bem concentrada em relação ao meio intracelular, como a de glicerina a 66%.

Para isso, pegamos uma folha da planta *Rhoeo discolor*, comum nos jardins. Essa folha possui forte colorido arroxeado em um dos lados. O pigmento responsável por essa cor arroxeada localiza-se dentro das células da epiderme da folha, mais especificamente dentro do vacúolo de suco celular. Assim, o vacúolo, que preenche quase todo o volume da célula, pode ser visto ao microscópio de luz mesmo sem o uso de corantes, sendo um ótimo material para observação da plasmólise.

M. Nolf/Arquivo do fotógrafo

Células túrgidas da epiderme da folha de *Rhoeo discolor*. Cada célula mede cerca de 100 µm de comprimento.

Inicialmente, tira-se um pedaço da epiderme colorida da folha, que normalmente é a inferior, coloca-se sobre a lâmina de microscópio, com um pouco de água, cobrindo-se a preparação com uma lamínula. As células têm aspecto semelhante ao mostrado ao lado.

Em seguida, colocamos algumas gotas da solução de glicerina em uma das bordas da lamínula; do lado oposto, encostamos na lamínula um pedaço de papel-filtro (ou mata-borrão), provocando, assim, um deslocamento de líquido no sentido do lado oposto ao da glicerina.

Montagem de material para observar a plasmólise das células vegetais

Fotos: Thiago Oliver/Arquivo do fotógrafo

Como a solução de glicerina é mais concentrada do que a solução do citoplasma, especialmente do vacúolo celular, ao passar pela preparação, ocorre perda de água da célula por osmose. Continuando a perda, o citoplasma acaba por se separar da membrana celulósica: é a plasmólise.

Se a plasmólise ocorre quando a célula entra em contato com uma solução hipertônica em relação ao vacúolo, o processo inverso, a deplasmólise, ocorre quando a célula entra em contato com água ou com uma solução hipotônica em relação ao vacúolo.

Tanto a difusão quanto a osmose são processos realizados sem gasto de energia pela célula, falando-se em **processos passivos** de transporte de substâncias pela membrana celular.

M. Nolf/Arquivo do fotógrafo

Células plasmolisadas da epiderme da folha de *Rhoeo discolor*. Observe que o citoplasma acompanha a retração do vacúolo, separando-se da parede celular.

5.4 Transporte ativo

Algumas proteínas transportadoras da membrana plasmática são responsáveis por levar solutos do meio menos concentrado para o mais concentrado, ou seja, contra um gradiente de concentração. Como a célula despende energia durante o processo, ele é chamado de **transporte ativo**.

Vejamos um exemplo: para o bom funcionamento das células animais elas geralmente mantêm a concentração de íons potássio (K^+) no interior da célula maior do que no meio extracelular. O contrário ocorre com a concentração de íons sódio (Na^+), que costuma ser maior no meio extracelular.

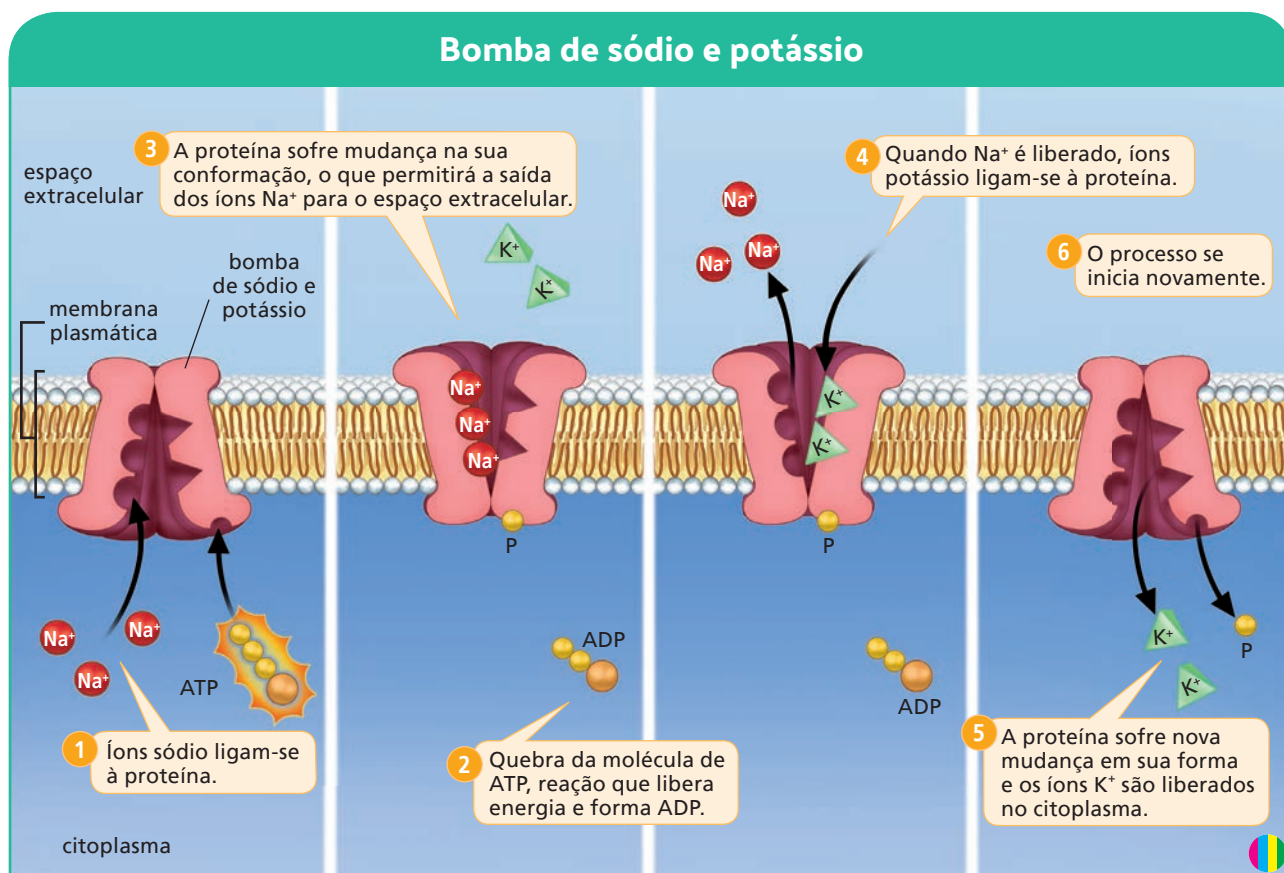
Por difusão facilitada, íons sódio entram na célula enquanto íons potássio saem, como tendência a igualar as concentrações desses íons de um lado e de outro da membrana plasmática. A diferença de concentração que mencionamos acima é mantida graças às proteínas transportadoras que, com gasto de energia, bombeiam rapidamente íons sódio para o meio extracelular e íons potássio para o citoplasma, desequilibrando as concentrações. Essas proteínas são justamente por isso conhecidas como **bombas de sódio e potássio**.

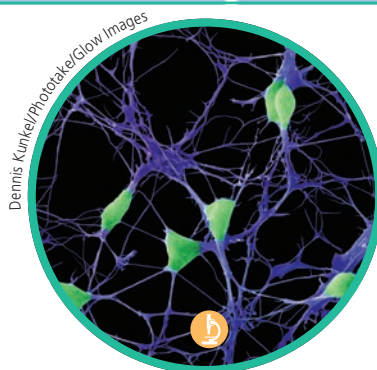
ATENÇÃO

O principal processo pelo qual a célula obtém energia é a transformação da molécula **adenosina trifosfato** (**ATP**) em adenosina difosfato (ADP), o que acontece com a liberação de um fosfato, representado por Pi (fósforo inorgânico).

Bomba de sódio e potássio

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Esquema ilustrando de modo simplificado o funcionamento da **bomba de sódio e potássio**. Os elementos da figura estão fora de proporção.

No caso dos íons sódio e potássio, a manutenção da diferença de concentração dentro e fora da célula é especialmente importante para células nervosas e musculares, sendo necessária na transmissão de impulsos elétricos.

Dennis Kunkel/Phototake/Glow Images

Neurônios do tecido nervoso humano. Na membrana plasmática dessas células, a bomba de sódio e potássio atua na transmissão do impulso nervoso. O corpo celular desses neurônios mede cerca de 100 µm de diâmetro.

6 Endocitose e exocitose

PENSE E RESPONDA

Procure no glossário etimológico o sentido das palavras **endocitose**, **exocitose**, **fagocitose** e **pinocitose**.

Endocitose: para dentro (*endo*) da célula (*cito*); incorporação de partículas pela célula.
Exocitose: para fora (*exo*) da célula (*cito*); eliminação de partículas pela célula.
Fagocitose: *fago* significa "comer". Pela fagocitose, a célula (*cito*) engloba partículas grandes.
Pinocitose: *pino* significa "beber". Pela pinocitose, a célula (*cito*) ingere moléculas dissolvidas em água.

Vimos anteriormente o transporte de água, íons e moléculas pequenas através da membrana plasmática. E quanto ao transporte de moléculas maiores, ou de uma quantidade maior de material?

As células são capazes de incorporar materiais por mecanismos especiais conhecidos por **endocitoses** e eliminar resíduos por **exocitose**.

A endocitose pode ser de dois tipos: a fagocitose e a pinocitose.

Por meio da fagocitose, a célula "ingere" partículas grandes, como partes de células, micro-organismos etc. Por pinocitose, a célula "ingere" moléculas menores dissolvidas em água.

A fagocitose é realizada por muitos organismos unicelulares, como a ameba. Ela emite pseudópodes que englobam o alimento (que pode ser outro micro-organismo, como uma bactéria) e o incorpora por fagocitose.

No nosso organismo, você já sabe, também existem células que fagocitam bactérias, destruindo-as, em um processo de defesa importante para nossa saúde. Nos mamíferos, essas células são representadas pelos macrófagos e certos glóbulos brancos do sangue, como os neutrófilos.

A pinocitose é um processo mais geral do que a fagocitose, sendo realizada por quase todos os tipos de células.

O material ingerido por **fagocitose** fica no interior de uma vesícula, o **fagossomo**; as moléculas ingeridas por **pinocitose** ficam em vesículas menores, os **pinossomos**.

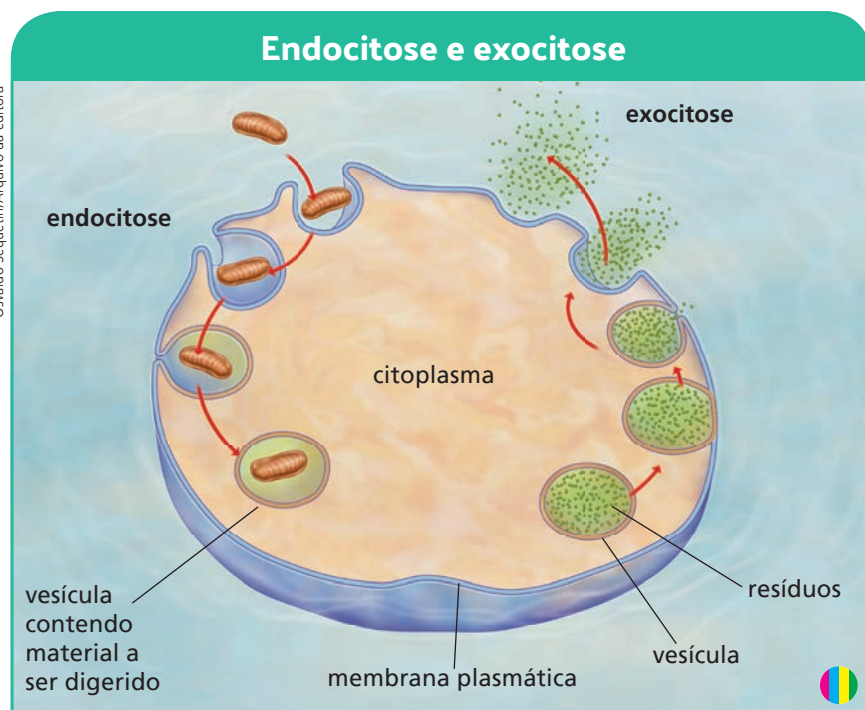
Tanto os materiais existentes nos fagossomos, como os dos pinossomos, são utilizados como alimento pela célula. Os **lisossomos**, organelas citoplasmáticas que contêm enzimas digestivas, fundem-se com os fagossomos ou pinossomos. Suas enzimas realizam, então, a digestão dos materiais englobados que não entram em contato direto com o citoplasma, ficando dentro de vesículas delimitadas por membrana. Saiba mais sobre os lisossomos no capítulo a seguir.

Esquema simplificado mostrando a incorporação de material pela célula por **endocitose** e a eliminação de resíduos por **exocitose**.

Endocitose e exocitose

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Quanto aos materiais que devem sofrer a exocitose, ou seja, que devem ser eliminados da célula, eles também ficam em vesículas no citoplasma. A exocitose ocorre pela fusão das vesículas com a membrana plasmática, o que permite a eliminação de seu conteúdo.

Pelo processo de exocitose as células eliminam não somente resíduos do material digerido, mas também muitas secreções importantes, que irão atuar nas diversas partes do corpo dos seres multicelulares. Quando se trata de exocitose em que há eliminação de resíduos da digestão intracelular, o processo recebe o nome especial de **clasmocitose**.

A nomenclatura biológica e o Sistema Internacional de Unidades (SI)

A Biologia procura unificar os nomes atribuídos às espécies e às estruturas que constituem seus corpos, para que essa nomenclatura seja traduzida sem dificuldades para os diversos idiomas existentes no mundo.

Decidiu-se, por exemplo, que não serão mais adotados nomes de pessoas para estruturas biológicas, como era feito usualmente. Assim, por exemplo, a organela conhecida historicamente por "complexo de Golgi", recebeu esse nome em homenagem a Camilo Golgi, um importante histologista italiano, que viveu entre 1843 e 1926. Essa organela atualmente tem o nome de "complexo golgiense", ou ainda "sistema golgiense".

Todas essas modificações de nomenclatura acabam demorando para serem incorporadas, podendo-se observar ainda o uso da nomenclatura antiga e mesmo em textos recentes.

O mundo científico faz esforço permanente no sentido de padronizar também as unidades de medida, procurando com isso facilitar o entendimento e a comunicação entre os povos, no tocante às grandezas e suas medições.

Um trabalho bem-sucedido foi a instituição do Sistema Internacional de Unidades, ou simplesmente SI. Esse sistema vem sendo aceito e utilizado cada vez mais em todo o mundo, inclusive no Brasil.

Logo no início deste capítulo, você viu um exemplo de unidade que consta do SI: o micrometro, cujo símbolo é μm. Evite usar "mícron", forma que já foi muito utilizada e que ainda se encontra em alguns textos, representada pelo símbolo μ.

A grafia recomendada pelo Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM) é a junção dos prefixos ao nome das unidades, na formação da grafia e consequente pronúncia na formação dos múltiplos e submúltiplos. É o caso de micrometro, que une o prefixo *micro* ao nome da unidade metro, formando o submúltiplo micrometro. O prefixo *micro* significa um milionésimo, ou 10^{-6}. Assim, um micrometro equivale a um milionésimo do metro (0,000 001 m ou 10^{-6} m). No caso de micrometro, evita-se confusão com o nome do micrômetro, representado na imagem a seguir, aparelho utilizado para medir pequenas espessuras.

O Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) considera que as alterações propostas pelo SI não eliminam a utilização das formas em uso, até que as novas formas sejam gradativamente assimiladas no decorrer do tempo. Assim, na 9ª edição, de 2012, de tradução autorizada pelo BIPM, o Inmetro fornece uma lista de palavras que podem ter dupla grafia e, em consequência, dupla pronúncia. Dessa lista, retiramos os exemplos abaixo.

Divulgação

Micrômetro.

Exemplos de alterações de grafia e pronúncia

Prefixo SI + Unidade SI	Nova grafia proposta pelo SI	Grafia atual a ser gradualmente extinta
giga + metro	gigametro	gigâmetro
kilo + metro	kilometro	quilômetro
hecto + metro	hectometro	hectômetro
deca + metro	decametro	decâmetro
deci + metro	decimetro	decímetro
mili + metro	milimetro	milímetro
micro + metro	micrometro	micrômetro
nano + metro	nanometro	nanômetro

Fonte: INMETRO. Sistema Internacional de Unidades. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/noticias/conteudo/sistema-internacional-unidades.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2015.

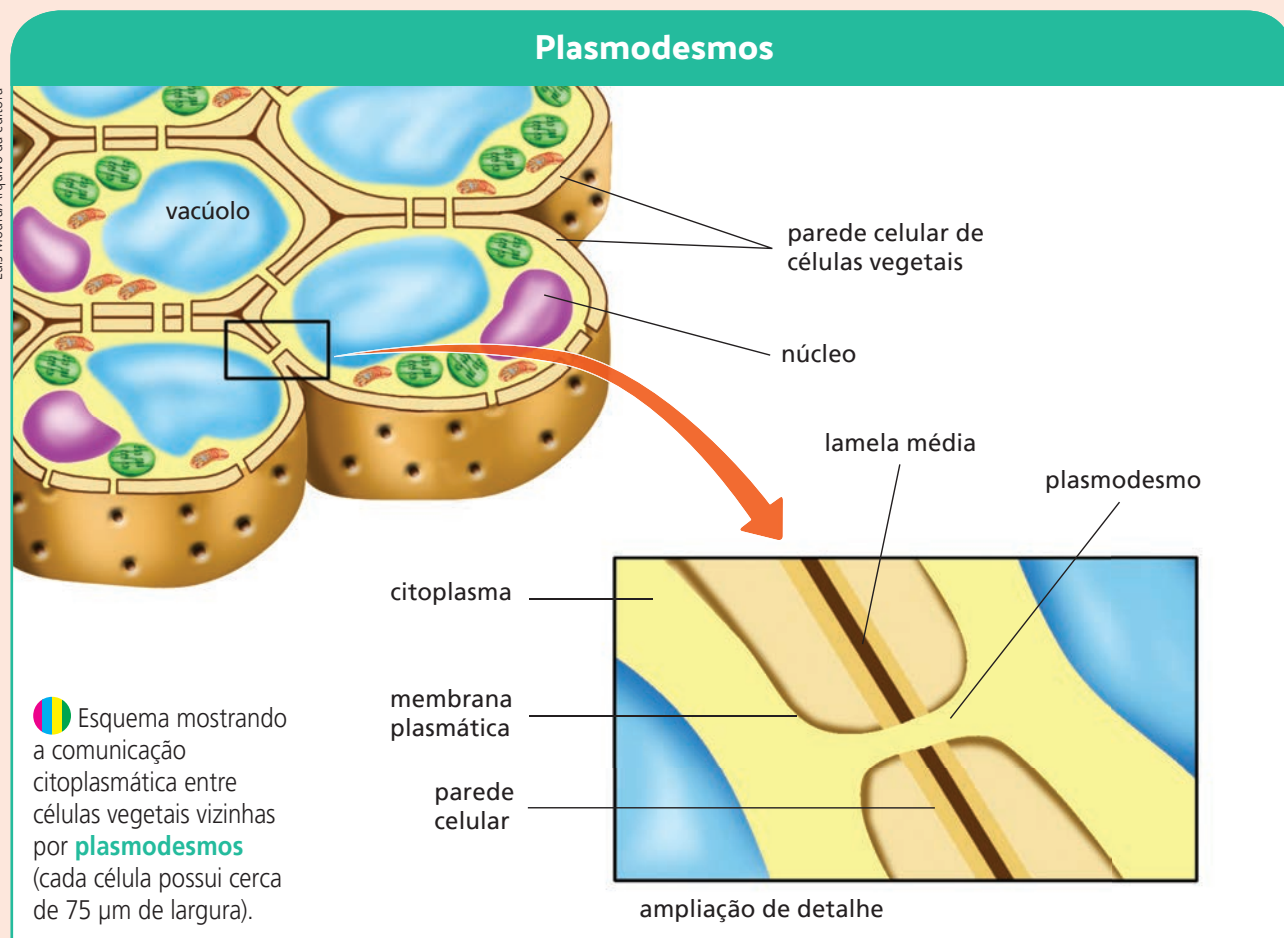
Vale observar a proposta da grafia kilometro, já com a utilização da letra k e com pronúncia paroxítona.

Em nossa coleção, da qual este volume faz parte, optamos por priorizar a grafia proposta pelo SI, mantendo, no entanto, a forma proparoxítona em decímetro (dm), centímetro (cm), milímetro (mm) e quilômetro (km), consideradas exceções nas primeiras publicações do SI, provavelmente em função da alta frequência de seu uso.

Plasmodesmos

Nas células jovens das plantas a parede celular é muito fina, mas aos poucos vai ocorrendo depósito de mais celulose na face interna da membrana, até que, na célula adulta, a parede celular torna-se espessa e muito resistente. Existem, no entanto, pontos em que não ocorre depósito de celulose, permitindo a comunicação do citoplasma de uma célula com o da célula vizinha por meio de pontes citoplasmáticas, chamadas **plasmodesmos**. Entre as paredes celulares de células adjacentes há uma fina camada de uma substância que serve de adesão entre uma célula e outra. Essa camada é chamada lamela média e é formada basicamente por pectina, um tipo de polissacarídeo. A **lamela média** é interrompida nos plasmodesmos. Nas plantas, portanto, a comunicação entre uma célula e outra e a passagem de materiais de uma célula para outra pode ser feita através da parede celular, da membrana plasmática e dos plasmodesmos.

Plasmodesmos

Luís Moura/Arquivo da editora

Esquema mostrando a comunicação citoplasmática entre células vegetais vizinhas por **plasmodesmos** (cada célula possui cerca de 75 µm de largura).

a) A membrana plasmática é um envoltório semipermeável de fosfolipídios e proteínas, que delimita a célula e controla a entrada e a saída de substâncias do citoplasma. A membrana celulósica, ou parede celular, é formada principalmente por celulose e reveste externamente a membrana plasmática, sendo rígida e permeável.

DEPOIS DA LEITURA...

a. Explique a diferença na estrutura e na função entre a membrana plasmática e a membrana celulósica.

b. Qual é a função dos plasmodesmos?

c. Consulte livros e *sites* de divulgação científica para descobrir estruturas que permitem a ligação e a comunicação entre células de um tecido animal, como o tecido epitelial, por exemplo.

b) Plasmodesmos são pontes citoplasmáticas, regiões de comunicação entre células vegetais adjacentes formadas por pontos de interrupção da lamela média.
c) As células epiteliais apresentam especializações na membrana que promovem adesão e comunicação entre elas. Veja comentários no Manual.

ATIVIDADES

FAÇA NO CADERNO. NÃO ESCREVA EM SEU LIVRO.

1. a) Cada tipo celular possui formato característico. Algumas podem alterar sua forma, como é o caso das amebas.

1. b) Pela emissão de pseudópodes, que são prolongamentos das células com os quais a ameba se locomove e captura alimento.

1. c) A captura do alimento é feita por fagocitose. Forma-se no citoplasma um fagossomo, que se funde ao lisossomo. As enzimas lisossômicas promovem a digestão do alimento.

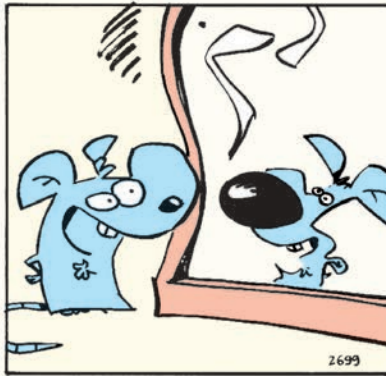
Revendo e aplicando conceitos

1.

TODOS ADORAM ESPELHOS QUE DEFORMAM

MENOS AS AMEBAS

NÃO VEJO GRAÇA NENHUMA!

2699

Quadrinho *Níquel Náusea*, de Fernando Gonsales.

a. Relacione a tirinha acima com a forma das células em geral: todas as células possuem o mesmo formato? Uma mesma célula pode alterar sua forma?

b. De que maneira as amebas alteram o formato de sua célula constantemente?

c. Após a captura de alimento, que processo permite à célula da ameba incorporar esse alimento?

DIVULGAÇÃO PNLD

2. Microscópio eletrônico, que permite aumento de até um milhão de vezes, possibilitando visualizar organelas citoplasmáticas.

2. Uma bióloga deseja obter imagens de mitocôndrias em células animais. Para essa visualização, qual seria a escolha mais acertada: a obtenção de imagens feitas em um microscópio óptico ou em um microscópio eletrônico? Justifique sua resposta.

3. O diâmetro real da célula é de 1,0 μm. Veja comentários no Manual.

3. A imagem de uma determinada célula observada em microscópio foi revelada em uma fotografia, com aumento de 10 000 vezes. A célula, de formato arredondado, media 1,0 cm na foto. Calcule o diâmetro real dessa célula, em micrometros.

4. Busque informações a respeito do funcionamento do microscópio de luz. Faça um esquema simplificado desse instrumento em seu caderno, indicando o trajeto da luz até chegar ao olho do observador.

4. Veja esquema e comentários no Manual.

5. Compare a organização básica de uma célula animal com a de uma célula vegetal, indicando as estruturas exclusivas em cada um desses tipos de célula.

6. Uma célula vegetal adulta, ao contrário de uma ameba, não sofre alterações em seu formato. Que estrutura da célula vegetal está relacionada com esse fato? Justifique.

6. Parede celular de celulose, estrutura rígida e resistente.

7. Por que os vacúolos pulsáteis (ou contráteis) são geralmente observados em protozoários de água doce?

8. A visualização de material biológico em microscópios muitas vezes exige preparo específico, como corantes e cortes. Observando um corte histológico, uma célula de contornos arredondados pode ter formato esférico, discoidal ou até cilíndrico, dependendo do plano de corte. Veja um exemplo na imagem a seguir, que representa um tubo e como seria sua visualização dependendo do plano de corte:

corte A

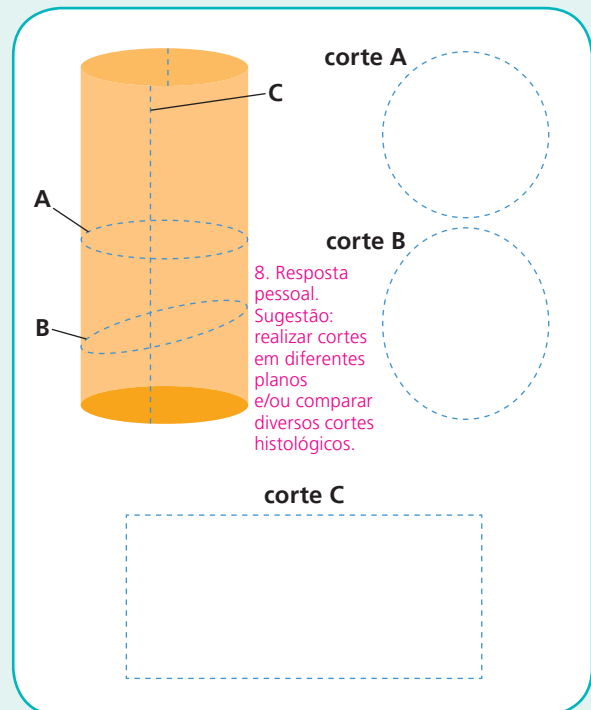
C

A

corte B

B

corte C

Equipe NATH/Arquivo da editora

8. Resposta pessoal. Sugestão: realizar cortes em diferentes planos e/ou comparar diversos cortes histológicos.

Como você faria para identificar o formato tridimensional de uma célula que, ao ser observada no microscópio eletrônico de transmissão, apresenta-se circular?

5. Os dois tipos celulares apresentam membrana plasmática, núcleo e citoplasma com organelas membranosas e ribossomos. As células vegetais diferem das animais pela presença de membrana celulósica, vacúolos de suco celular e cloroplastos, e pela ausência de centríolos.

7. Os protozoários de água doce são hipertônicos em relação ao ambiente e ganham muita água por osmose. Os vacúolos pulsáteis eliminam o excesso de água que entra no organismo.

9. a) Não. Essas células possuem dimensões menores que 100 µm, que é o limite de resolução da visão humana. As hemácias humanas medem cerca de 7 µm.

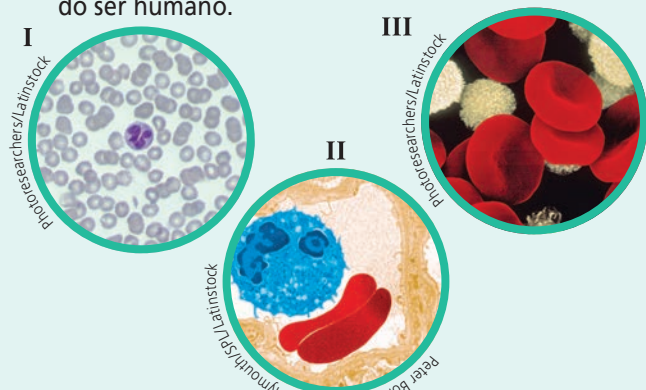
9. b) I: microscopia de luz; II: microscopia eletrônica de transmissão; III: microscopia eletrônica de varredura. Observação: Em I, houve aplicação de corante; em II e III, as imagens foram coloridas por meio de *softwares* específicos.

9. c) Os microscópios permitem estudar os micro-organismos e as células, que são as unidades formadoras do corpo dos multicelulares. O sangue humano, por exemplo, é um líquido homogêneo a olho nu, mas o microscópio permite observar seus tipos celulares.

11. a) Células *a* e *b*, pois estão em contato com o ar e recebendo iluminação direta.

11. b) A célula *b* torna-se mais concentrada que a célula *c*.

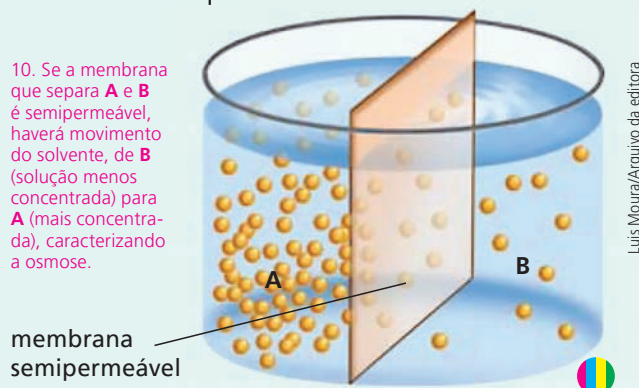
11. c) Movimento da água: d → c → b → a. Veja comentários no Manual.

9. Veja as imagens a seguir. Todas elas foram obtidas em microscópios, a partir de uma amostra de sangue do ser humano.

a. Essas células podem ser vistas a olho nu? Com base em sua resposta, o que pode ser deduzido a respeito das dimensões dessas células?

b. Identifique os três tipos de microscopia utilizados para obter cada uma dessas imagens.

c. Explique a importância do desenvolvimento de microscópios para a Biologia, usando essas imagens como exemplo.

10. Observe o esquema abaixo, que representa duas soluções colocadas nos recipientes **A** e **B**, separados por uma membrana semipermeável. A solução **A** é mais concentrada que **B**.

10. Se a membrana que separa **A** e **B** é semipermeável, haverá movimento do solvente, de **B** (solução menos concentrada) para **A** (mais concentrada), caracterizando a osmose.

Indique que moléculas se movimentarão (do soluto ou do solvente) pela membrana e qual será o sentido desse movimento. Justifique sua resposta e escreva o nome do processo.

11. Esta atividade nos mostra uma situação hipotética, o transporte de água em algas filamentosas. A ilustração a seguir é um esquema de um filamento de alga, mostrando algumas células mergulhadas na água (**c** e **d**) e outras fora (**a** e **b**), recebendo iluminação direta.

Observando a ilustração e utilizando seus conhecimentos sobre osmose, responda às questões a seguir:

a. Indique as células que mais perdem água por evaporação: **a** e **b**, **b** e **c**, ou **c** e **d**. Justifique sua escolha.

b. Vamos considerar que as células que mais perdem água por evaporação sofrem um aumento de sua concentração interna. Em virtude disso, e observando sua resposta anterior, como fica a concentração da célula **b** em relação à célula **c**?

c. Se a concentração de uma célula é maior do que a da célula vizinha, dizemos que seu valor osmótico também é maior, pois a água tende a entrar na célula mais concentrada, por osmose, até que se igualem as concentrações. O que podemos concluir sobre sentido do movimento da água entre as células **a**, **b**, **c** e **d** da alga filamentosa? Justifique sua resposta, explicando as transformações no valor osmótico dessas células.

12. Veja na imagem a seguir um exemplo de mosaico. Os mosaicos são feitos com pedaços de azulejos diversos, fixados em uma base.

Faça uma pesquisa para saber mais a respeito da estrutura da membrana plasmática, representada pelo modelo do mosaico fluido. Em seguida, responda:

a. Por que a palavra "mosaico" foi usada para se referir à membrana plasmática? Que aspectos essa estrutura celular possui em comum com o mosaico da foto?

b. O mosaico da foto poderia ser chamado de "mosaico fluido"? Por quê?

c. Por que o modelo de membrana plasmática possui em seu nome o adjetivo *fluido*?

12. a) Assim como o mosaico, a membrana plasmática é constituída de diversos elementos – fosfolipídios, proteínas e outros – distribuídos de acordo com a organização da membrana.

12. b) Não, pois as peças que formam o mosaico estão em posições fixas e não se movem.

12. c) A bicamada fosfolipídica não é rígida. Veja comentários no Manual.

13. Em solução salina (hipertônica) a hemácia perderia água e em soro fisiológico (isotônico) a hemácia perderia ou ganharia água até entrar em equilíbrio osmótico com o meio.

14. A presença de sal na superfície das folhas torna o meio externo hipertônico em relação às células vegetais, que perdem água por osmose.

20. **A**: os paramécios devem manter o volume celular, pela atividade dos vacúolos contráteis, pois eles expulsam a água que entra na célula, por osmose. **B**: os paramécios devem perder volume celular, pois em ambiente hipertônico perdem água, por osmose.

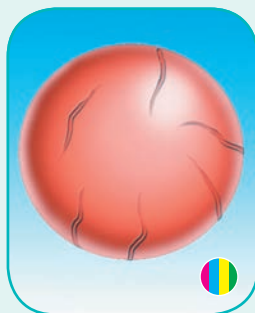
15 O transporte ativo é o movimento do soluto do meio menos concentrado para o mais concentrado, contra um gradiente de concentração, e que demanda energia para ocorrer.

13. A ilustração ao lado mostra o que pode acontecer com uma hemácia humana colocada em contato com água destilada.

Qual resultado seria esperado se a hemácia tivesse sido colocada em uma solução salina saturada? E se estivesse em meio composto por soro fisiológico? Justifique sua resposta.

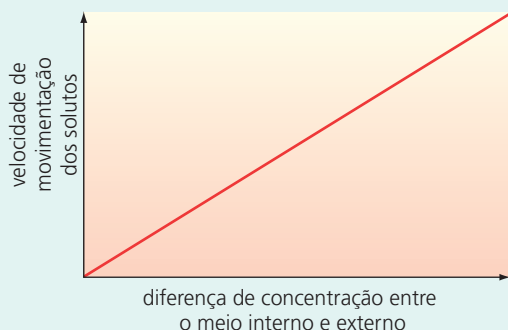
Luis Moura/Arquivo da editora

14. Em restaurantes, saladas de folhas geralmente não são servidas temperadas. Além de permitir ao freguês que tempere de acordo com o seu gosto, esse hábito também impede que as folhas, em contato com o sal, rapidamente fiquem murchas – e pouco atraentes. Justifique a situação acima, baseando-se em seus conhecimentos sobre osmose.

15. Explique o que é transporte ativo e por que esse processo recebe esse nome.

Trabalhando com gráficos

16. O gráfico esboçado a seguir indica uma relação observada durante a difusão por meio de membranas: velocidade de movimentação dos solutos e diferença de concentração entre o meio interno e externo à célula. Descreva esta relação baseando-se no gráfico.

velocidade de movimentação dos solutos

diferença de concentração entre o meio interno e externo

16. O gráfico indica que quanto maior a diferença de concentração entre meio interno e meio externo, maior é a velocidade de difusão por meio de uma membrana.

Questões do Enem e de vestibulares

17. (UERJ) As células animais possuem núcleo delimitado por um envoltório poroso que funciona como uma barreira entre o material nuclear e o citoplasma. As células vegetais, apesar de possuírem núcleo similar, diferem das animais por apresentarem um envoltório externo à membrana plasmática, denominado parede celular. 17. Veja comentários no Manual.

18. Não. As bactérias não possuem núcleo individualizado, mas possuem DNA na região chamada nucleoide.

Aponte o motivo pelo qual o envoltório nuclear deve apresentar poros. Em seguida, cite as funções da parede celular dos vegetais e seu principal componente químico.

18. (Fuvest-SP) Um estudante escreveu o seguinte em uma prova: “As bactérias não têm núcleo nem DNA”. Você concorda com o estudante?

19. (Enem-2012) Osmose é um processo espontâneo que ocorre em todos os organismos vivos e é essencial à manutenção da vida. Uma solução 0,15 mol/L de NaCℓ (cloreto de sódio) possui a mesma pressão osmótica das soluções presentes nas células humanas. A imersão de uma célula humana em uma solução 0,20 mol/L de NaCℓ tem, como consequência, a:

a. absorção de íons Na^+ sobre a superfície da célula.

b. difusão rápida de íons Na^+ para o interior da célula.

c. diminuição da concentração das soluções presentes na célula.

d. transferência de íons Na^+ da célula para a solução.

e. transferência de moléculas de água do interior da célula para a solução. 19. e

20. (Vunesp-SP) Um estudante coletou água de um lago e a separou em duas amostras de volumes iguais, **A** e **B**. Em ambas observou, ao microscópio, paramécios vivos, nos quais se destacavam seus vacúolos contráteis. Analisando os paramécios de ambas as amostras, o estudante não notou qualquer diferença. Em seguida dobrou a quantidade de líquido em ambas as amostras, adicionando água pura à amostra **A** e solução saturada de NaCℓ à amostra **B**. Passados alguns minutos, voltou a observar os paramécios. Em termos de volume celular e atividade dos vacúolos, que diferenças o estudante deve ter observado nos paramécios da amostra **A**, após a adição da água, e nos paramécios da amostra **B**, após a adição da solução saturada de NaCℓ? Justifique sua resposta.

21. (Fuvest-SP) As bananas mantidas à temperatura ambiente deterioram-se em consequência da proliferação de micro-organismos. O mesmo não acontece com a bananada, conserva altamente açucarada, produzida com essas frutas.

a. Explique, com base no transporte de substâncias através da membrana plasmática, por que bactérias e fungos não conseguem proliferar em conservas com alto teor de açúcar.

b. Dê exemplo de outro método de conservação de alimentos que tenha por base o mesmo princípio fisiológico.

21. a) O meio externo torna-se hipertônico em relação às células da banana e dos micro-organismos. Por consequência, as células perdem água por osmose; bactérias e fungos morrem desidratados.

21. b) Utilização de sal. Carnes salgadas demoram mais tempo para deteriorar-se pelo mesmo motivo da bananada.

capítulo 8 Citoplasma e organelas

COMENTÁRIOS GERAIS

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

1 Citoplasma: características gerais

Compare o citoplasma de uma **célula eucariótica animal** e o de uma **célula procariótica**.
A célula eucariótica possui diversas organelas membranosas, além de ribossomos e um núcleo individualizado. Já na célula procariótica encontram-se no citoplasma ribossomos e material genético. Valores de referência para diâmetro das células: procariótica = 0,75 µm; eucariótica = 20 µm.

Pelas imagens a seguir, obtidas por microscopia eletrônica, você pode observar que o citoplasma das células procarióticas é muito simples quando comparado ao das eucarióticas, apresentando diversidade muito menor de estruturas. Ele é constituído principalmente por água, proteínas, ácidos nucleicos (DNA e RNA), moléculas pequenas e ribossomos.

Veja na imagem da célula eucariótica que o citoplasma é uma estrutura heterogênea, pois nele observamos a presença de numerosas **organelas membranosas** distribuídas por toda a massa gelatinosa que constitui o citoplasma fundamental, também conhecido como **hialoplasma** ou **citosol**. Além das organelas membranosas, o citoplasma fundamental desse tipo de célula possui estruturas que não são membranosas, como os ribossomos, as fibras proteicas e as inclusões.

Vamos, a partir de agora, tomar como base para o nosso estudo o citoplasma de células eucarióticas.

No Capítulo 7, você pode observar um esquema tridimensional da célula eucariótica animal (página 158). Recorra a ele sempre que necessário.

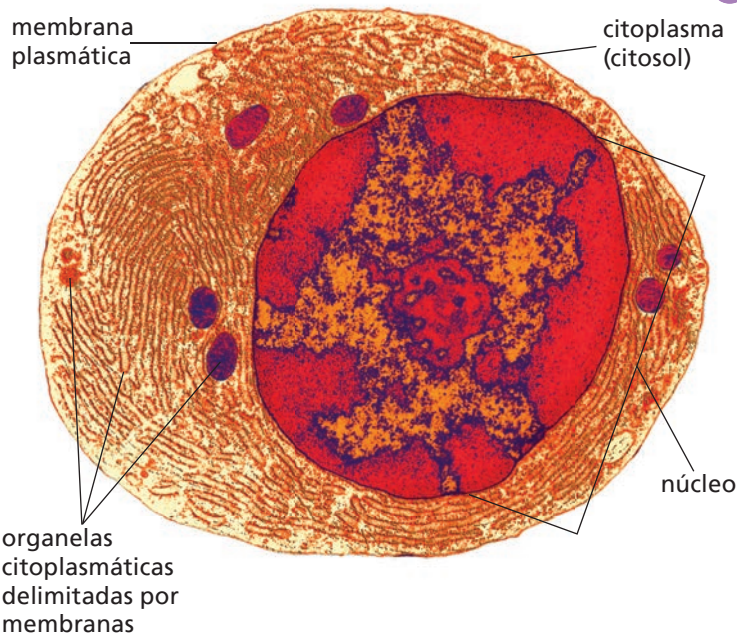
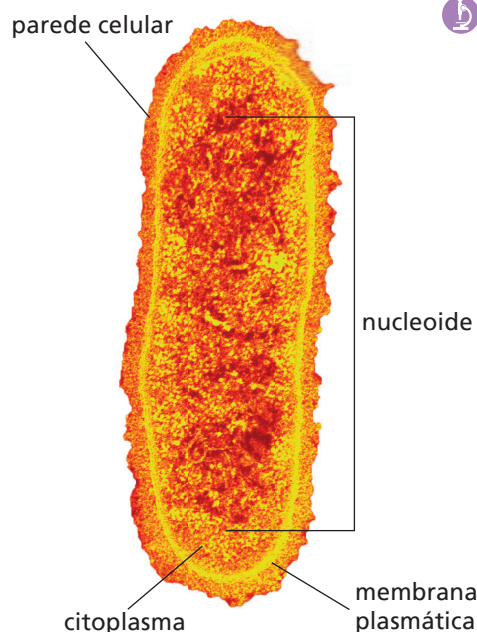
Célula eucariótica animal

membrana plasmática
citoplasma (citosol)
núcleo
organelas citoplasmáticas delimitadas por membranas

Dr. Donald Fawcett/Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

Célula procariótica

parede celular
nucleoide
citoplasma
membrana plasmática

Dr. Terry Beveridge/Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

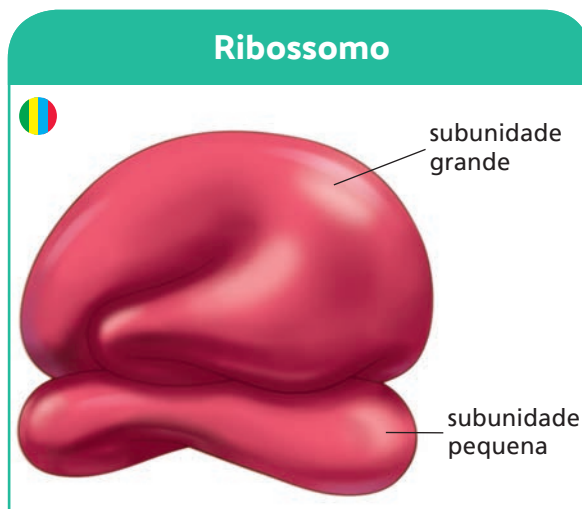
A síntese proteica é abordada no volume 3 desta coleção.

2 Ribossomos

Os **ribossomos** são estruturas não membranosas, constituídos basicamente de proteínas e um tipo especial de ácido nucleico, o **RNA ribossômico** (RNAr), e sua função é a síntese de proteínas.

Eles são formados por duas subunidades, sendo uma bem maior do que a outra. São visíveis somente ao microscópio eletrônico, medindo cerca de 0,02 μm de diâmetro, e estão presentes tanto em células procarióticas quanto em eucarióticas.

Os ribossomos normalmente agrupam-se e associam-se ao **RNA mensageiro** (RNAm), que é outro tipo de ácido nucleico. Formam, então, os **polissomos**, também conhecidos por **polirribossomos**.

Organizados em polissomos, os ribossomos participam da síntese proteica, uma vez que as informações necessárias a essa síntese são trazidas pelo RNA mensageiro (RNAm), que é produzido pelo núcleo da célula eucariótica.

Ribossomo

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Esquema representa um **ribossomo** de célula eucariótica, feito com base em imagens de microscopia eletrônica. O ribossomo mede cerca de 25 mm de diâmetro.

3 Inclusões

As **inclusões** são representadas principalmente por substâncias de reserva. Em plantas, a principal inclusão é um carboidrato, o **amido**; em animais, as principais são a **gordura**, um lipídio, e o **glicogênio**, um carboidrato.

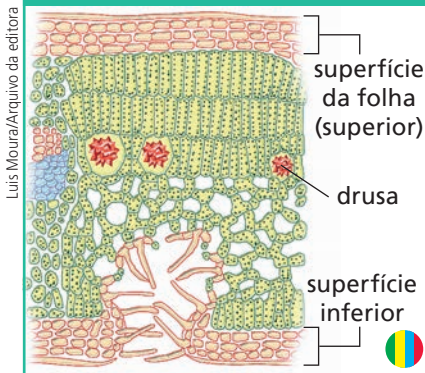
Nos animais, a gordura é armazenada nas células do tecido adiposo, na forma de gotas que chegam a ocupar quase todo o citosol.

É interessante lembrar que as plantas, por fotossíntese, produzem glicose, que pode ser empregada na síntese de amido. Os animais não sintetizam amido, mas sim glicogênio, a partir da glicose. É o que ocorre, por exemplo, no fígado do ser humano.

David M. Phillips/Photoresearchers/Latinstock

Célula do tecido adiposo humano. Observe as inclusões de gordura em célula desse tecido, que mede cerca de 70 μm de diâmetro.

Drusas

superfície da folha (superior)
drusa
superfície inferior

^ Esquema de corte em folha de planta. Observe as **drusas** no interior de algumas células.

> Corte de folha de sisal (gênero *Agave*). Observe a presença de **ráfides** (em cinza) no interior das células. A ráfide tem cerca de 100 µm de comprimento.

superfície da folha
ráfide

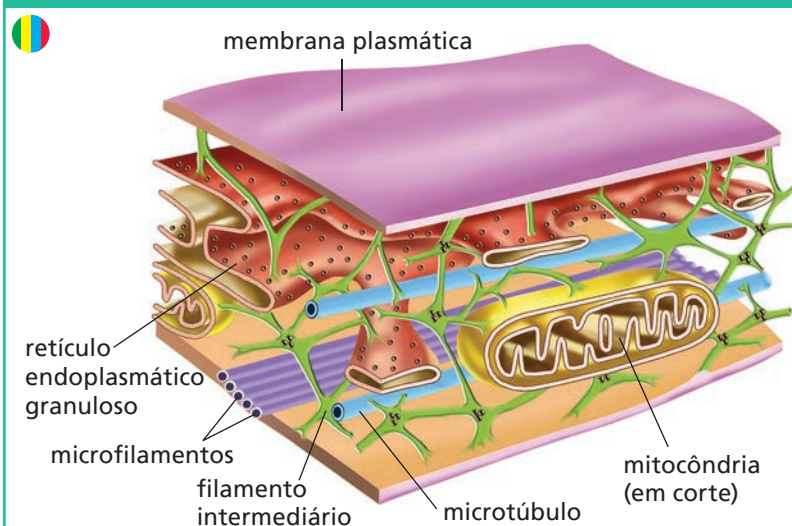
O metabolismo celular em plantas pode originar inclusões sob a forma de cristais, frequentemente de oxalato de cálcio, formando desde cristais inteiriços (**monocristais**) até **drusas** e **ráfides**. Essas inclusões estão comumente no interior do vacúolo. As drusas são conjuntos formados por cristais incompletos que se desenvolvem em torno de um pequeno cristal, que funciona como núcleo comum; as ráfides são feixes de cristais em forma de agulha. As inclusões de cristais são interpretadas, em alguns casos, como proteção contra o ataque de herbívoros; por armazenarem íons sob a forma de cristais, essas inclusões também impedem que o excesso de íons livres prejudique o funcionamento das células.

4 Citoesqueleto

Fibras proteicas especiais formam uma rede responsável pela sustentação das estruturas citoplasmáticas e pela manutenção da forma da célula, além de participarem na emissão de pseudópodes. Essa rede de fibras proteicas constitui o **citoesqueleto**, que ocorre somente em células eucarióticas. Há três tipos de fibras que compõem o citoesqueleto: os **microfilamentos**, os **filamentos intermediários** e os **microtúbulos**. Eles diferem pela composição proteica e pelo diâmetro das fibras, que é menor nos microfilamentos (7 nm) e maior nos microtúbulos (até 25 nm).

^ As células estreladas observadas na imagem são chamadas fibroblastos. Elas foram especialmente preparadas para que o **citoesqueleto** ficasse evidente (em verde). Cada célula tem cerca de 20 µm de diâmetro.

Citoesqueleto

membrana plasmática
retículo endoplasmático granuloso
microfilamentos
filamento intermediário
microtúbulo
mitocôndria (em corte)

^ Esquema mostrando rede de fibras que compõem o **citoesqueleto**.

Os microfilamentos são de actina; os filamentos intermediários são formados por fibras como a queratina; os microtúbulos são polímeros de tubulina.

5 Centríolos

Em células de protistas, dos animais e de plantas sem flor (como os musgos e as samambaias), **microtúbulos** do citoesqueleto formam estruturas cilíndricas, os **centríolos**.

Quando a célula não está em processo de divisão, geralmente existem dois centríolos situados próximos ao núcleo em uma região da célula denominada **centrossomo**.

Esquema representando uma célula animal e, em destaque, um par de **centríolos**, em que é possível observar sua estrutura: 9 grupos de 3 microtúbulos.

Em muitos tipos de células, os centríolos são responsáveis pela formação de cílios e flagelos.

Centríolos

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Nos organismos multicelulares, os **cílios** são comuns em algumas células, como em certos tipos de tecidos epiteliais dos animais. Como você pode conferir na imagem abaixo, um desses tecidos epiteliais com células ciliadas reveste internamente as vias aéreas do ser humano, sendo essencial para impedir a entrada de partículas e micro-organismos nos pulmões. O ato de fumar destrói as células ciliadas da traqueia, o que torna o organismo humano mais vulnerável a infecções no sistema respiratório.

Na espécie humana, o **flagelo** ocorre constituindo a “cauda” dos espermatozoides.

Eye of Science/Science Photo Library

Espermatozoide do homem (cerca de 65 µm de comprimento). Observe o longo flagelo, responsável pelo deslocamento do espermatozoide.

Steve Gschmeissner/SPL/Latinstock

Corte longitudinal do **tecido epitelial** que reveste a traqueia do ser humano. Observe, no ápice das células epiteliais, os **cílios**, que conduzem, para fora da traqueia, o muco contendo as partículas que entram no organismo pelas vias aéreas. Esse tipo de epitélio ciliado também ocorre na cavidade nasal e nos brônquios.

Cílios e flagelos também ocorrem nas células de alguns protistas, como o paramécio, que apresenta a superfície da célula revestida por cílios, e o tripanossomo, que possui um longo flagelo.

Andrew Syred/SPL/Latinstock

Paramécio, organismo unicelular de água doce (300 µm de comprimento). Observe os cílios que recobrem toda a célula deste protozoário.

Dennis Kunkel Microscopy/Phototake/Glow Images

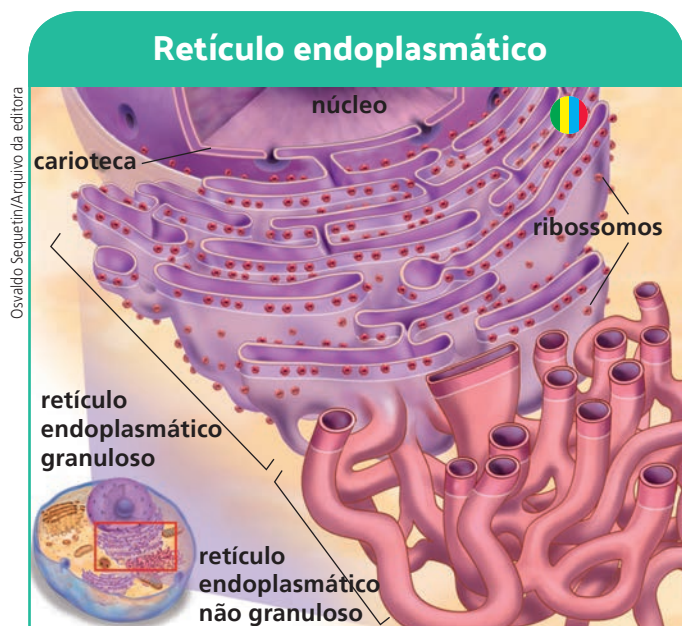
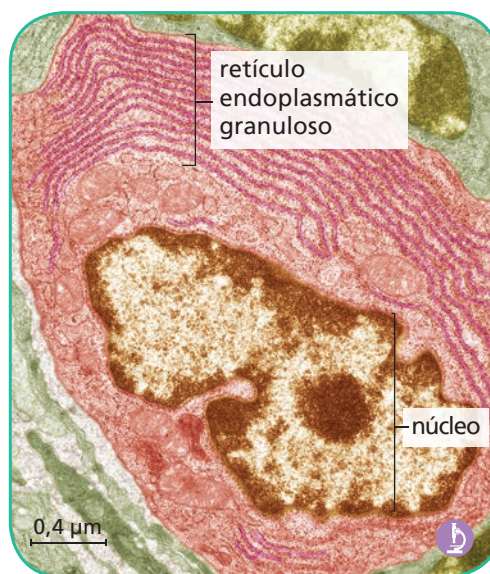
Tripanossomo, um protozoário flagelado (cerca de 20 µm de comprimento). Ele se locomove pelo movimento ondulatório do flagelo.

6 Organelas membranosas

6.1 Retículo endoplasmático

O **retículo endoplasmático** corresponde a uma rede de canais delimitados por membranas lipoproteicas, com função importante de transporte dentro das células. Ele se comunica com a carioteca e, além da função de transporte, exerce outras funções, relacionadas às suas duas principais regiões, que correspondem aos dois tipos de retículo endoplasmático:

- **retículo endoplasmático granuloso** – possui ribossomos aderidos à membrana;
- **retículo endoplasmático não granuloso** – não possui ribossomos aderidos à membrana.

Retículo endoplasmático

Esquema mostrando **comunicação entre carioteca e retículo endoplasmático**, com base em imagens de microscopia eletrônica.

Célula humana com **retículo endoplasmático granuloso** abundante. Como a imagem é de um corte transversal à célula, os canais interligados da organela se assemelham a linhas paralelas.

RECORDE-SE

Retículo endoplasmático granuloso
Participa da síntese de proteínas.

Retículo endoplasmático não granuloso
Participa da síntese de lipídios.

Complexo golgiense
Modifica as proteínas sintetizadas pelo retículo granuloso, preparando o material em vesículas que podem ficar no próprio citoplasma ou serem secretadas pela célula.

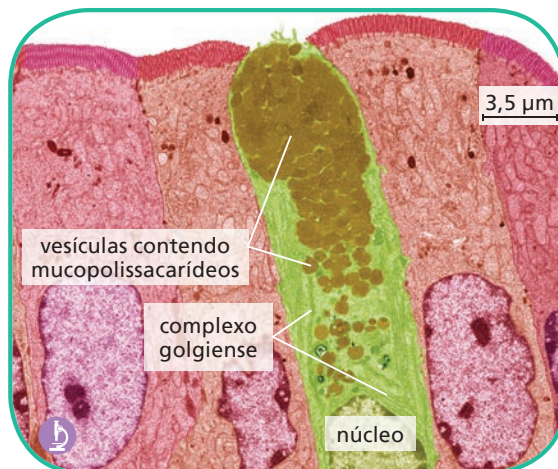
Retículo endoplasmático granuloso e retículo endoplasmático não granuloso são os termos definidos pela nomenclatura atual. No entanto, é frequente encontrarmos a nomenclatura antiga: retículo rugoso ou granular e retículo liso ou agranular, respectivamente.

O retículo granuloso participa da síntese de proteínas, pois apresenta ribossomos aderidos à superfície externa de suas membranas. Ele é particularmente desenvolvido em células com função de secreção, como as que produzem enzimas digestivas.

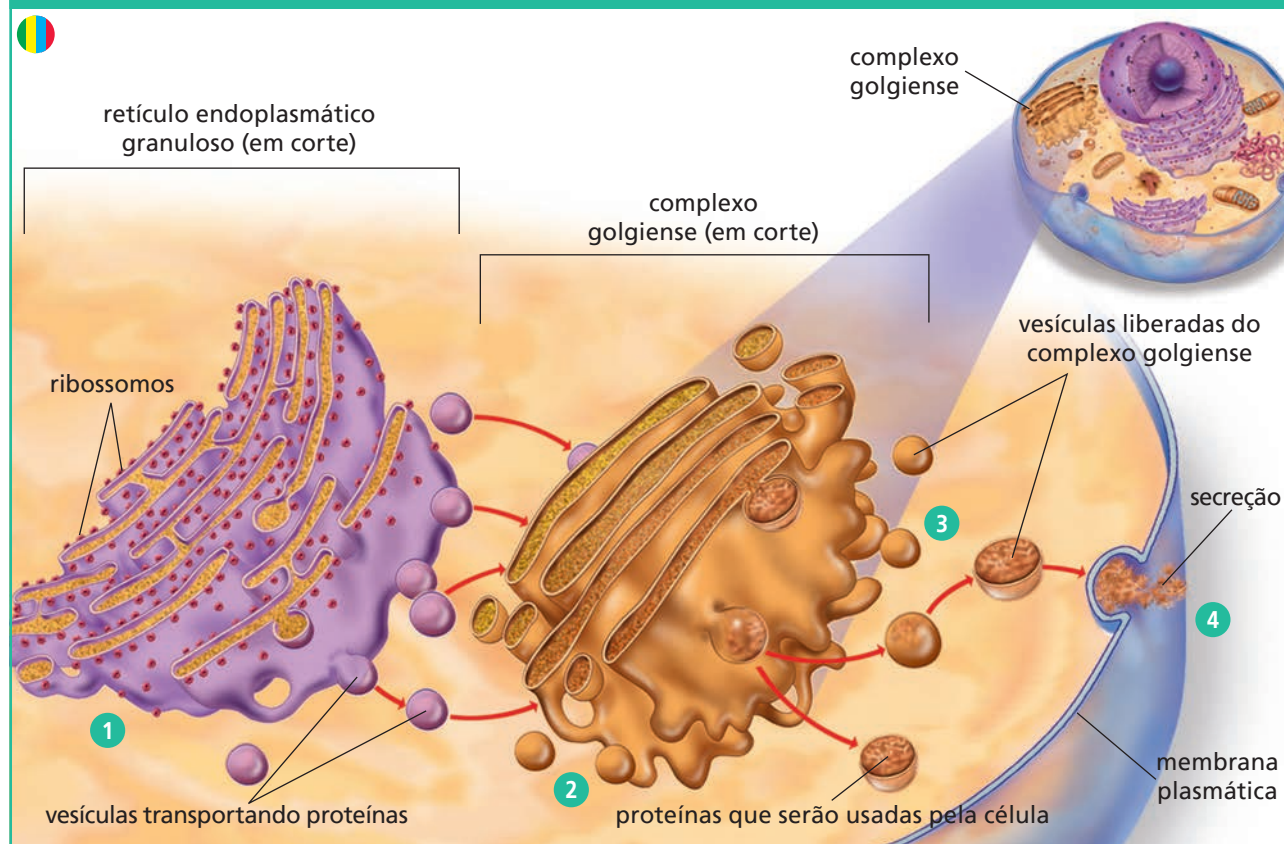
O retículo não granuloso participa da síntese de lipídios, inclusive os do grupo dos **esteroides**, como o **ergosterol** (presente em células vegetais) e o **colesterol**, produzido por animais. Essa organela é bem desenvolvida em células de certas glândulas e em células que produzem lipídios, como as do fígado.

6.2 Complexo golgiense

O **complexo golgiense** é uma organela constituída por numerosos sáculos interligados, normalmente localizados nas proximidades do núcleo e do retículo endoplasmático granuloso. Tem a função de modificar e eliminar secreções proteicas, cuja produção ocorre no retículo granuloso.

Em alguns tipos de tecido epitelial, há células especiais chamadas caliciformes, que possuem complexo golgiense bem desenvolvido. O complexo golgiense dessas células produz um açúcar complexo, que se combina com proteínas, formando um mucopolissacarídeo, que protege as células de revestimento dos órgãos. As células caliciformes estão presentes no revestimento das vias aéreas (cavidades nasais, traqueia, brônquios e bronquíolos) e também no revestimento interno do estômago e do intestino, nos quais a camada de mucopolissacarídeos evita que as células epiteliais sofram a ação das enzimas digestivas.

Steve Gschmeissner/SPL/Latinstock

Corte do tecido epitelial que reveste internamente o estômago. Em verde, está uma célula caliciforme, cuja função é secretar mucopolissacarídeos. Observe, no citoplasma dessa célula, o **complexo golgiense desenvolvido**.

Retículo endoplasmático granuloso e complexo golgiense

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Esquema simplificado de célula animal, destacando a relação funcional entre **retículo endoplasmático granuloso e complexo golgiense** na produção de proteínas que serão liberadas pela célula. O processo se inicia na síntese de proteínas pelos ribossomos no retículo endoplasmático granuloso (1). As proteínas são transportadas até o complexo golgiense, onde são "empacotadas" em vesículas membranosas (2). As vesículas contendo proteínas são liberadas no citoplasma (3) e, então, fundem-se com a membrana plasmática, resultando na secreção, ou seja, a eliminação do conteúdo no meio extracelular (4). As estruturas estão representadas em corte.

‹6.3› Vacúolos

Você já conhece um tipo de vacúolo: o **vacúolo pulsátil (contrátil)**, que é típico de protozoários de água doce. A concentração interna desses seres frequentemente é maior do que a de seu ambiente, o que condiciona a entrada de excesso de água por osmose. A função do vacúolo pulsátil é exatamente expulsar esse excesso de água, garantindo a sobrevivência do protozoário.

Um tipo de vacúolo exclusivo de plantas e de certas algas é o **vacúolo de suco celular**, que contém uma solução de açúcares, sais, proteínas e outras substâncias dissolvidas em água. Essas soluções podem ser incolores ou coloridas, como ocorre nas células de flores e na epiderme de folhas de diversas espécies de plantas. A membrana que delimita o vacúolo é chamada **tonoplasto** e é lipoproteica, com estrutura semelhante à da membrana plasmática.

Esquema de uma célula vegetal jovem (A), com pequenos vacúolos, e uma célula vegetal adulta (B), com um grande **vacúolo de suco celular**.

Vacúolo de suco celular

Luis Moura/Arquivo da editora

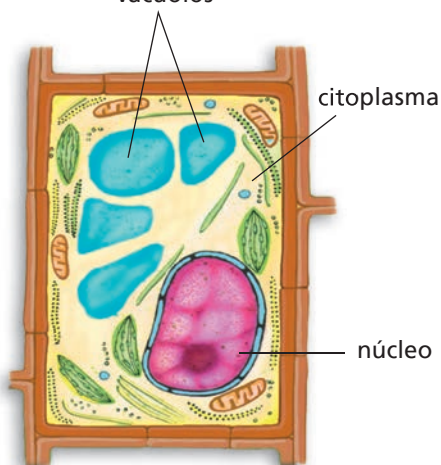
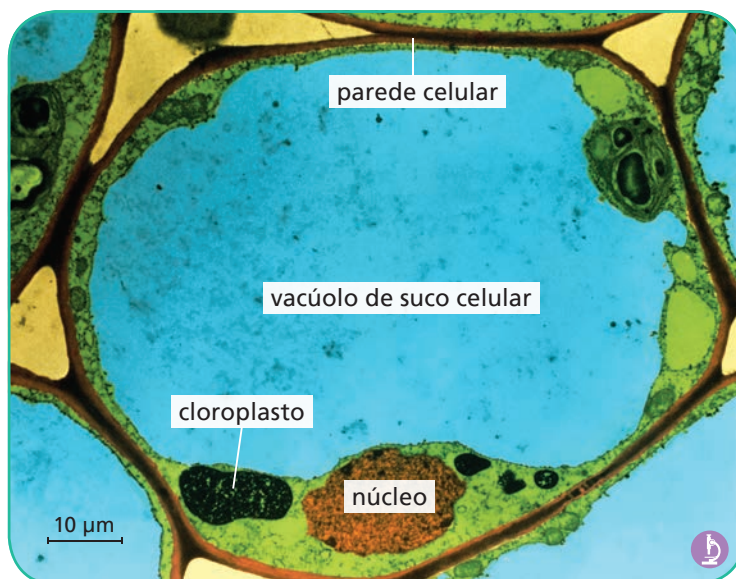
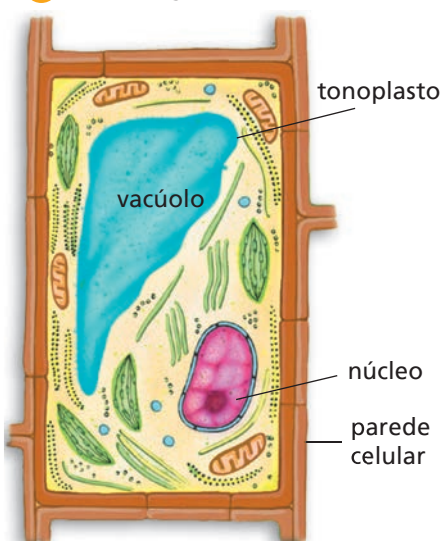
O poder osmótico das células vegetais depende fundamentalmente da concentração da solução do vacúolo de suco celular.

A ilustração ao lado mostra, de forma esquemática, os vacúolos em uma célula vegetal jovem e em uma adulta.

Como você pode observar na ilustração, a célula adulta apresenta um grande vacúolo, que preenche grande parte do volume celular.

Quando ainda jovens, as células inicialmente podem não apresentar vacúolos, que se formam aos poucos à medida que elas crescem e se desenvolvem. Os pequenos vacúolos se fundem, formando um único vacúolo. Assim, grande parte do lúmen celular é ocupada pelo vacúolo nas células adultas, sendo o citoplasma deslocado para a periferia, formando uma camada pouco espessa junto à membrana plasmática.

Um terceiro grupo de vacúolos é formado pelos que têm função digestiva, estando a função desses vacúolos diretamente relacionada com a ação dos **lisossomos**, comentados a seguir.

J.C. REVY; ISM/SPL/Latinstock

Veja o grande **vacúolo de suco celular** no citoplasma de célula vegetal adulta.

6.4 Lisossomos

Os **lisossomos** são organelas ricas em enzimas capazes de realizar a digestão intracelular. Essas enzimas são produzidas no retículo granuloso; o empacotamento dessas enzimas e a formação dos lisossomos ocorre no complexo golgiense.

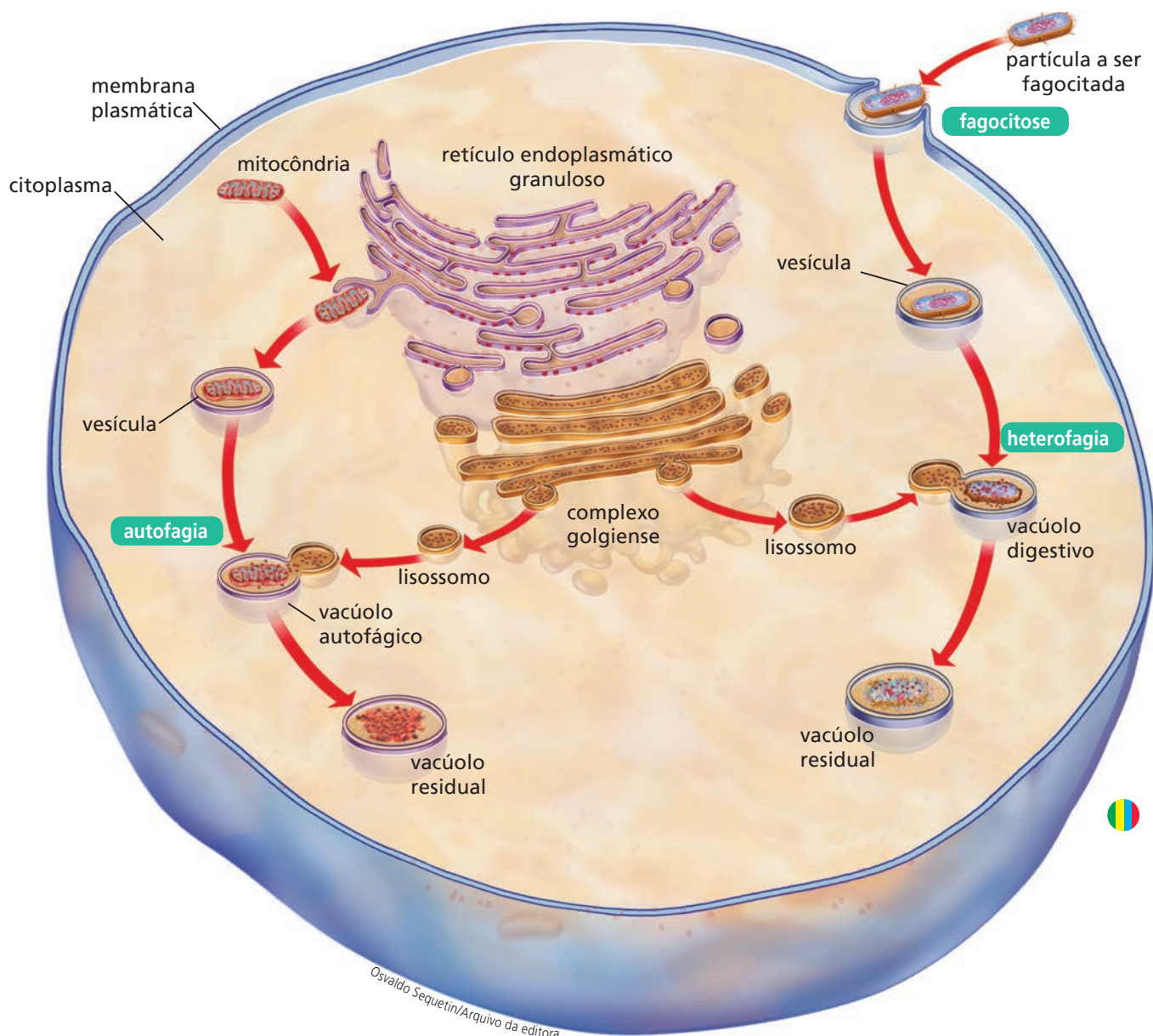
O material nutritivo, que entra na célula por fagocitose ou pinocitose, é envolto por uma vesícula membranosa, chamada fagossomo ou pinossomo, como vimos no capítulo anterior. A essas vesículas unem-se os lisossomos, recebendo o conjunto formado o nome de **vacúolo digestivo**, e o processo realizado, o nome de **heterofagia**.

No vacúolo digestivo, as enzimas dos lisossomos digerem as substâncias nutritivas, que são então incorporadas à célula. Sobram os resíduos da digestão intracelular e a estrutura resultante recebe agora o nome de **vacúolo residual**, que sofrerá exocitose.

A célula também utiliza os lisossomos para renovação de estruturas de seu citoplasma: eles englobam e digerem uma organela, formando os chamados **vacúolos autofágicos**, e as substâncias resultantes da digestão podem ser usadas na produção de novas estruturas. O processo é chamado **autofagia**.

RECORDE-SE

Enzimas
Proteínas cuja função é acelerar reações químicas, facilitando o contato entre os reagentes.

Esquema simplificado da formação dos **lisossomos** e de dois processos dos quais eles participam: heterofagia e autofagia. Elementos fora de proporção e representados em corte.

membrana plasmática
citoplasma
mitocôndria
retículo endoplasmático granuloso
partícula a ser fagocitada
fagocitose
vesícula
vesícula
heterofagia
autofagia
complexo golgiense
lisossomo
lisossomo
vacúolo digestivo
vacúolo autofágico
vacúolo residual
vacúolo residual

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

PENSE E RESPONDA

Consulte o glossário etimológico e escreva em seu caderno o significado de **heterofagia**, **autofagia** e **autólise**.

Heterofagia: *hetero* = diferente; *fagia* = comer, alimentar-se. Literalmente, seria "comer o que é diferente", uma referência ao processo em que os lisossomos degradam partículas estranhas à célula.
Autofagia: *auto* = a si próprio. Literalmente, seria "comer a si próprio", uma referência ao processo em que os lisossomos degradam estruturas da própria célula.
Autólise: *lise* = quebra ou rompimento. Em sentido literal, seria "romper a si mesmo", uma referência ao processo em que os lisossomos se rompem, promovendo a morte da célula.

Os lisossomos também estão envolvidos no processo de **autólise**, ou de autodestruição da célula: em determinadas situações, a membrana do lisossomo se rompe e as enzimas digestivas entram em contato com o citoplasma, destruindo-o. A autólise é importante para renovação das células de um organismo e no processo de desenvolvimento. Um girino, por exemplo, perde sua cauda e adquire pernas traseiras e dianteiras durante a metamorfose em sapo. A cauda regride porque suas células são destruídas pelos próprios lisossomos.

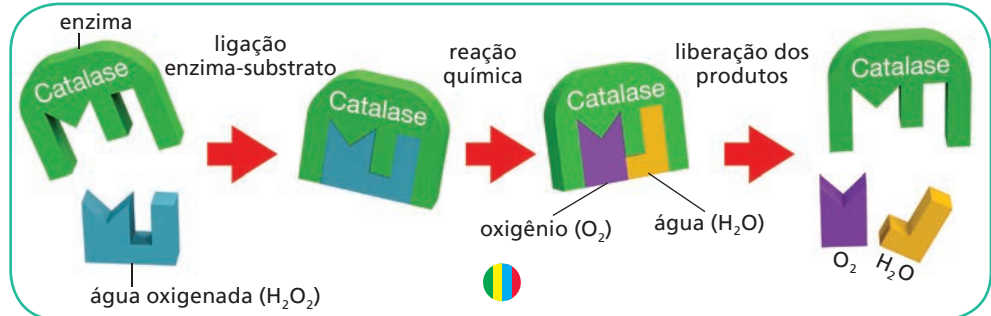
Por outro lado, certas doenças são causadas pela quebra da membrana dos lisossomos, que acabam digerindo as células. É o que ocorre em uma doença chamada silicose, comum em pessoas que trabalham com britadeiras e em determinadas minas, ficando expostas sem proteção ao pó de sílica. Inalado, esse pó se acumula nos pulmões, e não é digerido pelos lisossomos; pelo contrário, os lisossomos sofrem autólise e as células pulmonares são destruídas; com o tempo a capacidade respiratória da pessoa afetada pela silicose diminui, podendo comprometer seriamente a saúde.

6.5 Glioxissomos e peroxissomos

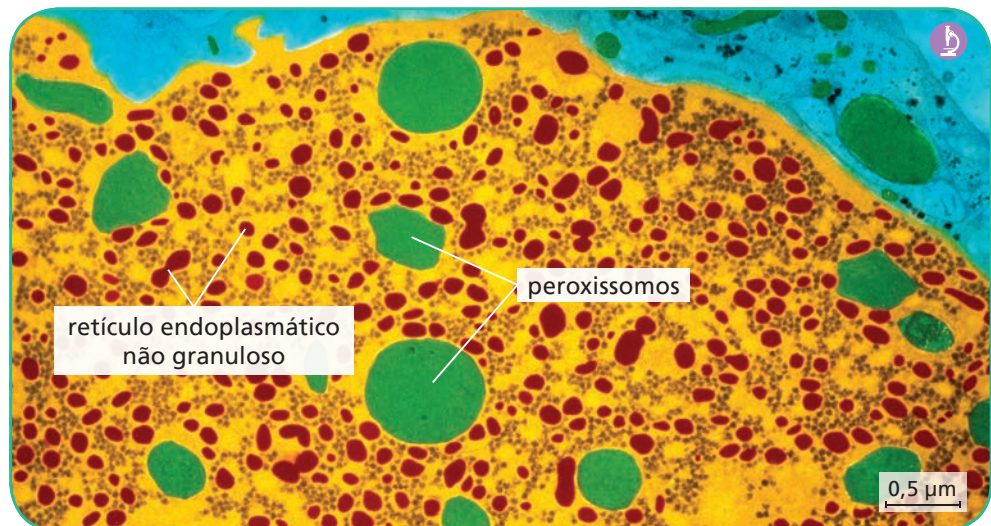
Duas outras organelas membranosas são os glioxissomos e os peroxissomos, cuja função é desdobrar algumas substâncias.

Os **glioxissomos** ocorrem em células de plantas, de fungos e de protistas e desdobram lipídios em açúcares.

Os **peroxissomos** desdobram a **água oxigenada** (H_2O_2), que se forma normalmente em função de certas atividades da célula, mas é muito tóxica e não pode se acumular no citoplasma. Graças a uma enzima dos peroxissomos, chamada **catalase**, a água oxigenada é desdobrada em água e gás oxigênio.

Esquema ilustrando a ação da **catalase**, enzima presente nos peroxissomos.

MIKKEL JUUL JENSEN / SCIENCE PHOTO LIBRARY

PROF CINTI & V. GREMET/SPL

Citoplasma de uma célula do fígado, em corte transversal. Os pontos vermelhos são os canais do retículo endoplasmático não granuloso. No fígado, diversas toxinas trazidas na corrente sanguínea são degradadas. Essa função se relaciona ao **retículo endoplasmático não granuloso** bem desenvolvido e aos abundantes **peroxissomos** nas células do fígado.

ALERTA
A atividade deve ser feita apenas sob a supervisão do professor.

ATIVIDADE PRÁTICA

Quais tipos de células possuem peroxissomos?

A água oxigenada pode se decompor em água e oxigênio espontaneamente, segundo a reação representada pela equação: $2\ H_2O_2 \rightarrow 2\ H_2O + O_2$. Essa reação, no entanto, ocorre lentamente. A enzima catalase acelera a velocidade de tal reação e, assim, a água oxigenada não se acumula dentro da célula. A seguir, uma sugestão de procedimento experimental que você pode montar na sua escola, seguindo as orientações do professor.

Ao usar tubos de ensaio, será necessário ter um suporte, como o mostrado na foto.

Material necessário (por equipe)

- Um pedaço de fígado bovino fresco, previamente cortado em cubinhos por seu professor;
- um pedaço de batata-inglesa, sem a casca, previamente cortado em cubinhos;
- 5 tubos de ensaio (ou 5 copos de vidro transparente);
- água à temperatura ambiente (pode ser água destilada);
- água oxigenada 10 volumes (não cremosa);
- funil pequeno;
- conta-gotas ou colher-medida;
- material para identificar os tubos: etiquetas e caneta.

I II III IV V

Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

Procedimentos

1. Os tubos de ensaio devem ser organizados, conforme imagem ao lado, da seguinte maneira:
   Tubo I – controle: água
   Tubos II e III – teste em células animais: pedaços de fígado
   Tubos IV e V – teste em células vegetais: pedaços de batata
   Marque o número correspondente em cada tubo de ensaio, utilizando as etiquetas.
2. Antes de iniciar o teste, converse com seus colegas a respeito do resultado que esperam observar: o efeito da água oxigenada será diferente nas amostras? Por quê? 2. Resposta pessoal.
3. Os tubos II e IV devem receber 10 mL de água (ou água destilada), com auxílio da colher-medida ou do conta-gotas e do funil.
4. Os tubos I, III e V devem receber, cada um, 10 mL de água oxigenada, utilizando para isso a colher-medida ou o conta-gotas e o funil.
5. Observe e registre os resultados.

5. Espera-se que nos tubos I, II e IV não ocorram alterações, e que nos tubos III e V haja formação de pequenas bolhas de gás. Consulte o Manual.

Interpretando os resultados

a. Os resultados observados estavam de acordo com sua previsão inicial? a) Resposta pessoal.

b. Qual gás foi liberado no procedimento? Em qual (quais) tubo(s) houve liberação desse gás e como ele se formou?

c. Qual é a importância da montagem do tubo I para o procedimento experimental?

c) O tubo I é o controle, que permite afirmar que a reação observada nos tubos III e V é, de fato, relacionada à presença de tecidos mais a água oxigenada.

d. “Os peroxissomos são organelas exclusivas das células animais.”. A afirmação está correta? Você poderia justificar sua resposta com um dos resultados obtidos?

d) Não, pois também houve liberação de gás oxigênio, pela quebra da água oxigenada, no tubo contendo batata (células vegetais).

b) Gás oxigênio, liberado na quebra da água oxigenada, na presença da catalase. Espera-se que as bolhas sejam observadas nos tubos III e V, indicando a reação da catalase presente nas amostras de fígado e de batata com a água oxigenada.

Indo além

Com sua equipe, planejem um experimento para verificar a influência de um dos seguintes fatores na atividade da catalase: temperatura, pH ou tamanho dos fragmentos utilizados. Elaborem uma hipótese e representem esquematicamente como seria o experimento, indicando os materiais necessários.

Veja comentários no Manual.

PENSE E RESPONDA

Consulte o glossário etimológico e escreva em seu caderno o significado das palavras **cloroplasto**, **cromoplasto** e **leucoplasto**.

Veja comentários no Manual.

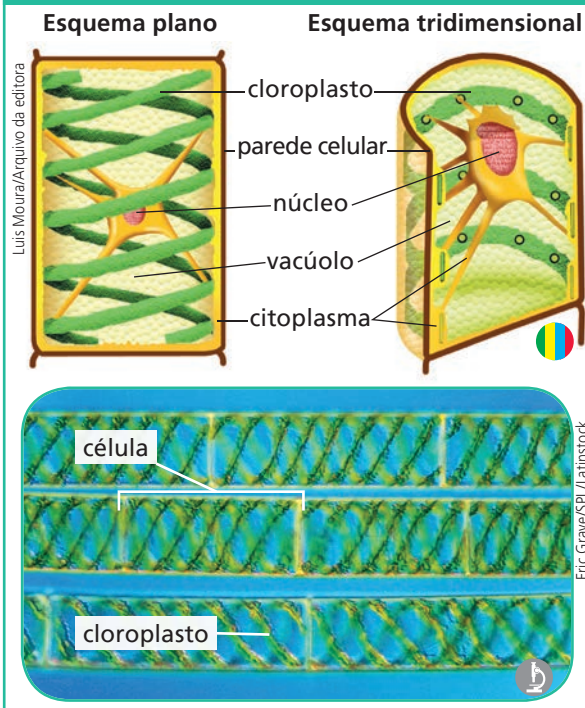
Cloroplasto de *Spirogyra*

Esquema plano — Esquema tridimensional

cloroplasto, parede celular, núcleo, vacúolo, citoplasma

Luis Moura/Arquivo da editora

célula, cloroplasto

Eric Grave/SPL/Latinstock

Células da alga verde filamentosa ***Spirogyra***. A célula é cilíndrica e tem a maior parte de seu volume preenchido pelo vacúolo. Nas ilustrações, o restante do citoplasma está representado em amarelo. Observe os cloroplastos espiralados, no citoplasma de cada célula, que mede cerca de 40 µm de diâmetro.

Dr. Jeremy Burgess/SPL/Latinstock

2,5 µm

Cloroplasto em corte. Veja sua estrutura interna, com membranas dispostas em lamelas.

6.6 Plastos

Os **plastos** estão presentes apenas nas plantas e em alguns protistas.

Existem três tipos básicos de plastos:

- **cloroplastos** – possuem o pigmento verde, a clorofila, fundamental para a realização da fotossíntese, e outros pigmentos acessórios nesse processo, como os carotenoides;
- **cromoplastos** – não possuem clorofila, mas possuem carotenoides e não estão envolvidos com a fotossíntese;
- **leucoplastos** – são incolores e armazenam a matéria orgânica que é produzida por fotossíntese. É o caso dos **amiloplastos**, cuja substância de reserva é o amido, dos **oleoplastos**, em que as substâncias de reserva são lipídios, e dos **proteoplastos**, que têm como substâncias de reserva as proteínas.

Além dos pigmentos presentes nos plastos, as plantas podem apresentar outros pigmentos que se localizam nos vacúolos de suco celular e que também dão cor a essas plantas. No entanto, apenas os pigmentos presentes nos cloroplastos participam da fotossíntese.

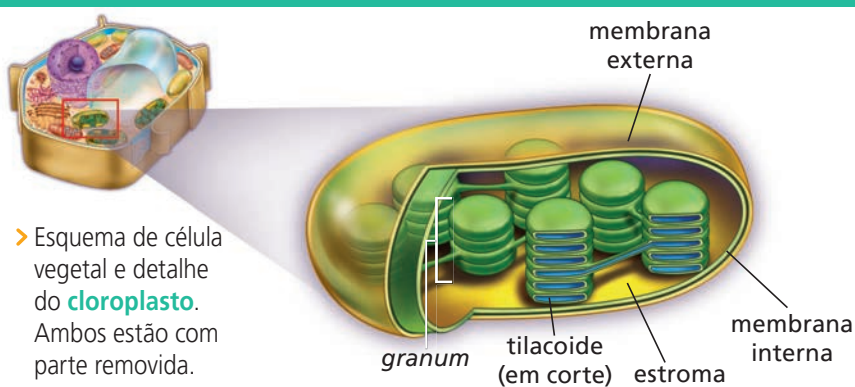
Como você sabe, nas plantas com raiz, caule e folhas, os cloroplastos situam-se principalmente nas células das folhas.

Nas algas, entretanto, a forma dos cloroplastos varia muito. Observe, nas imagens acima, como é o cloroplasto na célula de uma alga verde multicelular chamada *Spirogyra*. Diferentemente das plantas, essas algas possuem cloroplastos grandes e em número de apenas um ou dois por célula.

Em nosso estudo, tomaremos por base cloroplastos de plantas. A figura a seguir mostra um esquema de cloroplasto feito com base em observações ao microscópio eletrônico.

Estrutura do cloroplasto

membrana externa, membrana interna, *granum*, tilacoide (em corte), estroma

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Esquema de célula vegetal e detalhe do **cloroplasto**. Ambos estão com parte removida.

O cloroplasto apresenta uma membrana externa lisa, revestindo uma membrana interna de onde partem dobras formando lamelas. Essas lamelas penetram o interior do cloroplasto, formando de espaço a espaço uma estrutura conhecida por ***granum***. Cada *granum* é composto por vesículas achatadas, que lembram moedas, chamadas **tilacoides**, nos quais se encontram as moléculas de clorofila. O conjunto de *granum* recebe o nome de **grana**.

Todo o espaço entre os tilacoides e as lamelas da membrana interna constitui o **estroma**, que é preenchido por um material viscoso, onde se situam o DNA, o RNA e os ribossomos do cloroplasto.

6.7 Mitocôndrias

As **mitocôndrias** são organelas presentes em praticamente todas as células eucarióticas. As mitocôndrias exercem papel preponderante no processo de **respiração celular**, através do qual as células liberam a energia necessária à manutenção das atividades vitais.

Nos procariontes não há mitocôndrias e a respiração é realizada no citoplasma e com a participação de enzimas associadas à membrana plasmática.

A forma da mitocôndria varia muito nos diferentes grupos de seres vivos. Vamos nos basear no formato mais comum nas plantas e nos animais. Nesses casos, as mitocôndrias possuem forma geralmente alongada. São organelas delimitadas por uma membrana externa lisa e uma membrana interna com numerosas dobras, dando o aspecto pregueado típico. A membrana interna entra em contato com a matriz mitocondrial.

MULTIMÍDIA

Origem das mitocôndrias: a teoria da endossimbiose – Seara da Ciência

<http://www.seara.ufc.br/donafifi/mitocondrias/mitocondrias03.htm>

O *site* Seara da Ciência, da Universidade Federal do Ceará, traz diversos textos interessantes, como este a respeito da origem das mitocôndrias. Acesso em: 18 fev. 2016.

Estrutura da mitocôndria

espaço intermembranas

membrana externa

membrana interna

cristas

matriz

Esquema de célula animal e detalhe da **mitocôndria**. Ambas estão com parte removida. Observação: as mitocôndrias também estão presentes nas células vegetais.

As mitocôndrias, assim como os cloroplastos, possuem seu próprio DNA, RNA e ribossomos. Eles participam do processo de síntese de certas proteínas exclusivas dessas organelas. Além disso, esse DNA dessas organelas comanda o processo de divisão da mitocôndria, de forma independente da divisão da célula.

Essas e outras características dos cloroplastos e das mitocôndrias têm corroborado a **hipótese endossimbiótica**, segundo a qual tais organelas teriam surgido na evolução das células eucarióticas por simbiose mutualística com cianobactérias e bactérias aeróbias, respectivamente. Supõe-se que, primeiramente, tenha ocorrido a simbiose com certas bactérias aeróbias e que elas teriam dado origem às mitocôndrias. Depois de estabelecida essa associação, nas linhagens que derivaram para as plantas e algas, teria ocorrido a segunda simbiose, dessa vez com cianobactérias, que teriam originado os cloroplastos.

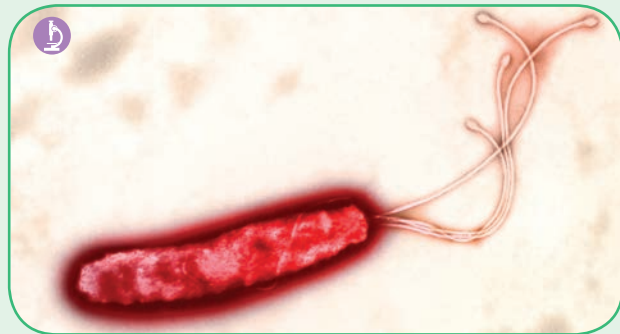
Flagelos sem centríolos?

Neste capítulo foi afirmado que alguns protistas locomovem-se por cílios e outros por flagelos, que são formados do centríolo. Foi dito também que as bactérias não possuem centríolo.

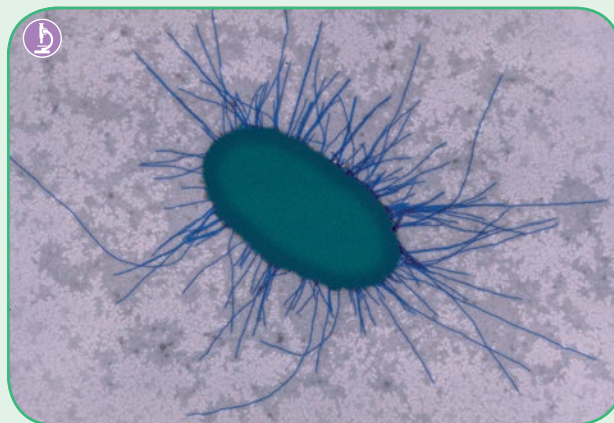
No entanto, todos sabemos existirem flagelos em algumas bactérias, que são utilizados para o deslocamento. Como se explica isso?

A explicação é simples: os flagelos e cílios presentes em células de eucariontes são, de fato, formados do centríolo. Essa estrutura não existe nas células de bactérias, que são procariontes.

Nas bactérias, os flagelos são constituídos por uma proteína especial, que se forma do próprio citoplasma. Eles executam movimentos rotatórios, bem diferentes dos movimentos dos flagelos dos eucariontes.

Os flagelos ocorrem principalmente em bactérias alongadas, como as bactérias em forma de bastonete, classificadas como **bacilos** (veja a imagem abaixo).

Heather Davies/SCIENCE PHOTO LIBRARY

Bacilo com flagelos, utilizados para deslocamento da célula. A célula mede cerca de 2 μm de comprimento.

Outras formações que podem ocorrer em bactérias, geralmente em bacilos, são as **fímbrias**. Elas são menores e geralmente numerosas, ao contrário dos flagelos que costumam ocorrer em pequeno número (veja a imagem abaixo).

Dennis Kunkel Microscopy/Phototake/Glow Images

Bacilo imóvel com fímbrias e sem flagelos. Mede cerca de 2 μm de comprimento.

Os flagelos dos procariontes são estruturas relacionadas com o movimento, ao passo que as fímbrias nada têm a ver com o deslocamento da bactéria. As fímbrias, também chamadas "pelos", podem ocorrer em espécies flageladas ou não flageladas e suas funções estão relacionadas com a fixação da célula bacteriana a um substrato e com a transferência de material genético entre bactérias. Por tratar-se de uma estrutura oca, em algumas situações uma bactéria pode doar material genético para uma bactéria receptora por meio de uma fímbria, que nesse caso é chamada pelo sexual.

Síntese de matéria orgânica

Quando comparamos animais com plantas, é muito comum dizermos que as plantas realizam síntese de matéria orgânica e que os animais não realizam. É preciso muito cuidado com essa afirmativa, pois ela pode induzir ao erro.

Geralmente essa afirmativa é feita com relação à fotossíntese, que é realizada pelas plantas e não pelos animais. De fato, as plantas sintetizam substâncias orgânicas, como a glicose, a partir de água e gás carbônico, o que os animais não conseguem fazer. No entanto, os animais sintetizam matéria orgânica, não a partir de substâncias inorgânicas, mas a partir de outras matérias orgânicas mais simples, como no caso da síntese de glicogênio a partir de glicose.

Assim, a diferença consiste em plantas não sintetizarem matéria orgânica apenas a partir de outras matérias orgânicas, como a formação de amido pela glicose, mas também produzirem matéria orgânica utilizando substâncias inorgânicas, como a água e o gás carbônico, algo que os animais não fazem.

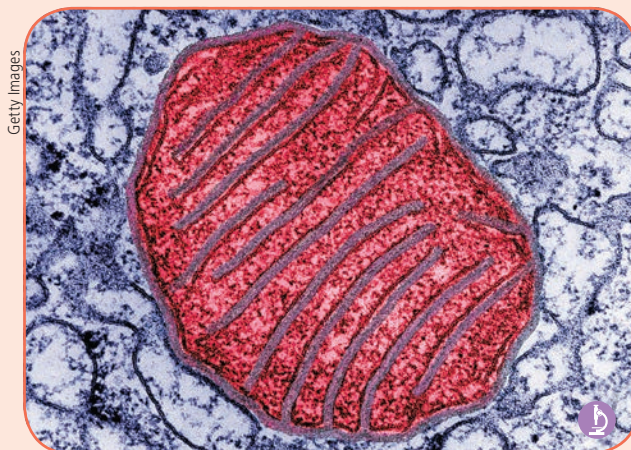
Mitocôndria: energia, calor e morte celular

As mitocôndrias são conhecidas como as "usinas de energia" das células, e seu papel no metabolismo celular está bem definido, embora muitas reações envolvidas no processo de produção de energia ainda estejam sendo esclarecidas em nível molecular. As funções da mitocôndria incluem, além da produção de energia, a geração de calor em animais que hibernam e a regulação da morte celular e do processo geral de envelhecimento.

Estudos recentes vêm demonstrando que as características da membrana interna da mitocôndria são de extrema importância para o seu funcionamento. Falhas na permeabilidade seletiva dessa membrana podem originar diversas doenças e levar as células à morte.

No reino animal, a mitocôndria é a única organela que contém seu próprio DNA. O DNA mitocondrial comanda a síntese de moléculas que participam do processo da respiração e das moléculas de RNA que formam os ribossomos. Mutações nesse DNA podem induzir doenças mitocondriais com herança materna que se expressam durante diferentes fases da vida e que envolvem predominantemente os músculos e o sistema nervoso, por serem os tecidos que mais precisam de energia.

A mitocôndria e seu DNA são sempre herdados da mãe, através do citoplasma do óvulo (o espermatozoide contribui com seu núcleo e com o centríolo para formar o zigoto). Assim, a mãe pode transmitir mutações no DNA mitocondrial a todos os filhos e filhas, mas só as filhas podem repassá-las à sua prole. As manifestações clínicas podem aparecer em diferentes idades. Doenças degenerativas do sistema nervoso – como Huntington, Parkinson e Alzheimer – podem ter seu desenvolvimento relacionado a mutações no DNA mitocondrial e maior produção de oxigênio reativo nessas organelas, entre outros fatores.

Getty Images

Mitocôndria (corte longitudinal). Mede cerca de 1 μm de comprimento.

Nas etapas finais da respiração, o oxigênio normalmente reage com hidrogênio, formando água. No entanto, de 1% a 2% do oxigênio consumido pela mitocôndria é convertido "indevidamente" em oxigênio reativo (O_2^-). A mitocôndria possui um eficiente sistema antioxidante, que envolve várias enzimas e outros compostos, como as vitaminas C e E. O oxigênio reativo é capturado e usado para formar água oxigenada (H_2O_2), que também é tóxica para a célula, sendo degradada por enzimas como a catalase dos peroxissomos.

Quando a geração de oxigênio reativo pela mitocôndria está aumentada, ou o sistema antioxidante está enfraquecido, o acúmulo de água oxigenada na célula pode levar ao chamado "estresse oxidativo", que pode provocar a morte celular. O estudo dessa relação entre o funcionamento das mitocôndrias com a morte celular pode elucidar o desenvolvimento de doenças degenerativas e apontar novos caminhos para seu tratamento e prevenção.

Fonte:
VERCESI, A. E. Mitocôndria: energia, calor e morte celular. *Ciência Hoje*, v. 34, n. 199, p. 16-23, 2003.

DEPOIS DA LEITURA...

a) As mitocôndrias da célula-ovo são as que estavam no óvulo e, portanto, são todas de origem materna. Veja mais comentários no Manual.

a. Por que somente as mães podem transmitir aos filhos doenças causadas por problemas nas mitocôndrias, determinadas geneticamente?

b. O texto afirma: "No reino animal, a mitocôndria é a única organela que contém seu próprio DNA [...]". Que outra organela citoplasmática possui DNA e em que tipo de célula ela é encontrada?

b) Cloroplastos, presentes em células eucarióticas vegetais.

Revendo e aplicando conceitos

1. Dê uma diferença entre:

1. a) O REG apresenta ribossomos aderidos a sua superfície interna e está envolvido na síntese de proteínas. O RENG não possui associação com ribossomos e está envolvido na síntese de lipídios.

a. retículo endoplasmático granuloso e retículo endoplasmático não granuloso.

1. b) Os polissomos são um conjunto de ribossomos associados ao RNAm.

b. ribossomos e polissomos.

1. c) Os glioxissomos degradam lipídios em açúcares, enquanto os peroxissomos degradam água oxigenada em hidrogênio e oxigênio.

c. glioxissomos e peroxissomos.

2. As células epiteliais que revestem internamente a traqueia apresentam cílios em sua superfície. Sabe-se que, em fumantes, ocorre a destruição dessas células ciliadas, que são substituídas por células desprovidas de cílios. Esse fato relaciona-se com o aumento de infecções no sistema respiratório de fumantes.

a. Que organela celular participa da formação dos cílios e em que organismos, além do ser humano, os cílios estão presentes? 2. a) Centríolos, presentes em células de animais e protistas. Procariontes e plantas com sementes não possuem centríolos.

b. Conhecendo as consequências da destruição das células ciliadas da traqueia em fumantes, escreva qual é a função dos cílios no organismo humano.

2. c) Locomoção de protozoários ciliados, como o paramécio.

c. Cite uma função distinta dos cílios em outro tipo de célula. 2. b) Os cílios impedem que micro-organismos e outras partículas presentes no ar cheguem até os pulmões, o que poderia causar infecções.

3. Certas células do pâncreas, chamadas células beta, produzem o hormônio insulina, que controla a taxa de açúcar no sangue. A insulina é uma proteína, secretada por essas células diretamente no sangue.

Quais organelas certamente são abundantes no citoplasma dessas células pancreáticas? Justifique sua resposta. 3. Retículo endoplasmático granuloso e complexo golgiense. Veja comentários no Manual.

4. Qual a característica dos cloroplastos e das mitocôndrias que nos permite inferir que, no interior dessas organelas, ocorre síntese de proteínas?

4. A presença de ribossomos, de DNA e de RNA.

5. Para os seres vivos citados abaixo, indique aqueles que realizam apenas fotossíntese, aqueles que realizam apenas respiração aeróbia, e os que são capazes de realizar os dois processos.

5. Apenas respiração aeróbia: cogumelo, gafanhoto. Respiração e fotossíntese: alga verde, morangueiro. O vírus da gripe não realiza nenhum desses processos. Nenhum ser vivo realiza apenas fotossíntese, sem apresentar uma forma de respiração celular.

Alga verde | Cogumelo | Gafanhoto | Morangueiro | Vírus da gripe

6. Explique o que são inclusões e escolha um exemplo de célula para explicar a importância do tipo de inclusão que ocorre em seu citoplasma.

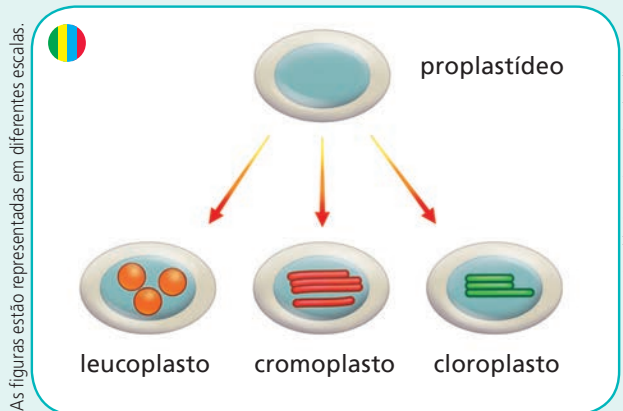
6. As inclusões armazenam substâncias no citoplasma. Veja exemplos de inclusões nas páginas 179 e 180.

7. Todos os tipos de plastos existentes em uma célula vegetal originam-se de estruturas precursoras chamadas **proplastos** ou **proplastídeos**, presentes nas células embrionárias vegetais. São organelas muito pequenas, sem cor ou com coloração verde-claro, e que não realizam fotossíntese. À medida que a célula vegetal se desenvolve, os proplastídeos podem se diferenciar em cloroplastos, leucoplastos ou cromoplastos, dependendo do tecido vegetal do qual a célula faz parte e dos fatores presentes no meio.

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

proplastídeo

leucoplasto | cromoplasto | cloroplasto

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Utilizando o que aprendeu neste capítulo, responda:

7. a) Luz. Veja no Manual sugestão de atividade prática.

a. Compare o aspecto do feijoeiro que germinou sob condições adequadas de luz e o aspecto dos brotos que se desenvolveram no escuro e explique qual o fator essencial para a transformação de proplastídeos em cloroplastos.

Photodisc/Arquivo da editora

Feijoeiro, que se desenvolveu sob condições normais de luz.

B.Lawton/Acervo do fotógrafo

Brotos de feijão, muito apreciados na culinária oriental, sendo conhecidos como *moyashi*. Eles correspondem a plantas de feijão que se desenvolveram no escuro.

b. Descreva como você faria um procedimento experimental para comprovar que o fator mencionado no item anterior é mesmo essencial para a formação de cloroplastos. 7. b) Resposta pessoal.

c. Qual tipo de plastídeo seria provavelmente encontrado nas células do tecido de reserva energética da raiz da mandioca? Justifique sua resposta.

7. c) Leucoplastos do tipo amiloplasto, que armazenam amido.

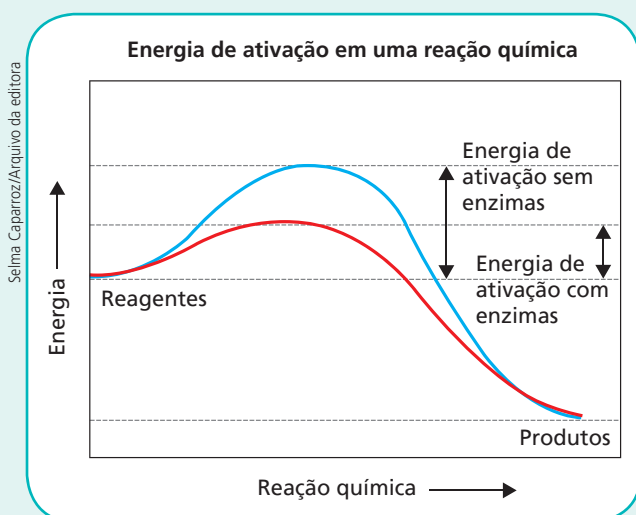
Trabalhando com gráficos

8. Todas as reações químicas requerem uma energia de ativação, do contrário elas não ocorrem. Os catalisadores são substâncias capazes de acelerar a velocidade de reações químicas, reduzindo a energia de ativação necessária para dar início a essas reações.

O gráfico abaixo mostra, de modo simplificado, a energia de ativação necessária para a ocorrência de uma determinada reação química, em duas situações: na ausência de enzimas (curva azul) e na presença de enzimas (curva vermelha).

Energia de ativação em uma reação química

Energia
Reagentes
Energia de ativação sem enzimas
Energia de ativação com enzimas
Produtos
Reação química

Selma Caparroz/Arquivo da editora

Analise o gráfico e responda:

a. As enzimas são catalisadores? Justifique sua resposta. 8 a) Sim. Elas aceleram reações químicas nas células.

b. As reações químicas podem liberar energia para o meio, sendo chamadas exotérmicas, ou podem absorver energia do meio, sendo endotérmicas. A reação mostrada no gráfico é endotérmica ou exotérmica? Justifique sua resposta.

8 c) As enzimas são proteínas com determinada conformação espacial que permite o encaixe com determinado substrato.

c. As enzimas são específicas para determinados reagentes. A enzima catalase, por exemplo, atua na quebra da molécula de água oxigenada, mas não de outras moléculas. Faça uma pesquisa para descobrir por que as enzimas são tão específicas, a ponto de serem comparadas com fechaduras que se encaixam apenas com uma chave.

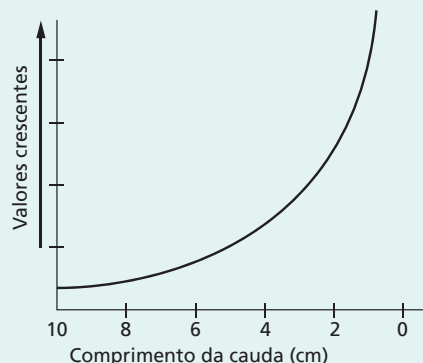
9. O gráfico a seguir mostra a relação entre o comprimento da cauda de um girino e a taxa de atividade de uma determinada organela citoplasmática encontrada nas células de sua cauda, durante a metamorfose.

8. b) Exotérmica. O nível de energia contido nos reagentes é superior ao nível de energia contido nos produtos da reação, indicando que parte da energia foi liberada.

Relação entre a atividade de uma organela citoplamática e o comprimento da cauda em larvas de rã-touro

Valores crescentes
10 8 6 4 2 0
Comprimento da cauda (cm)

Equipe NATH/Arquivo da editora

2 cm
Animals/Keystone Brasil
Girino (larva) da rã-touro.

5 cm
Animals/Keystone Brasil
Rã-touro adulta.

Baseando-se no que estudamos neste capítulo, responda:

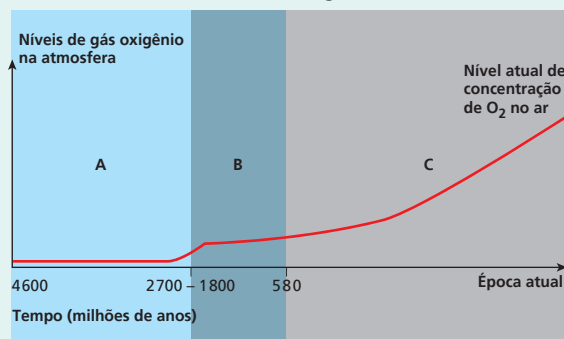
a. Qual é a organela citoplasmática envolvida no processo indicado no gráfico? 9. a) Lisossomo.

b. Por que a cauda do girino diminui de tamanho à medida que a atividade desta organela se torna mais intensa? 9. b) Durante a metamorfose, os lisossomos das células da cauda sofrem autólise; as células morrem e, devido à perda celular, a cauda do girino regride.

c. Em que outros processos celulares esta organela está envolvida? 9. c) Digestão intracelular e autofagia.

10. Analise o gráfico abaixo.

Provável variação na concentração de gás oxigênio na atmosfera da Terra, ao longo de milhões de anos

Níveis de gás oxigênio na atmosfera
Nível atual de concentração de O_2 no ar
A
B
C
4600
2700 – 1800
580
Época atual
Tempo (milhões de anos)

Selma Caparroz/Arquivo da editora

Responda às questões a seguir, relacionando os dados do gráfico à hipótese endossimbiótica, que explica a origem das células eucarióticas animais e vegetais a partir de relações mutualísticas entre células primitivas.

a. De acordo com a hipótese endossimbiótica, qual teria sido o tipo celular dos primeiros seres vivos? 10. a) Célula procariótica.

b. Em qual dos trechos indicados no gráfico – **A**, **B** ou **C** – teriam surgido as mitocôndrias? Como teria sido a origem dessas organelas? 10. b) Trecho **A**. Simbiose entre bactérias aeróbias e células eucarióticas primitivas.

c. Quais teriam sido as vantagens, para os seres envolvidos, da relação mutualística entre bactérias aeróbias e células eucarióticas primitivas?
10. c) Veja comentários no Manual.

d. É possível afirmar que, no trecho **A**, existiam células com cloroplastos, mas sem mitocôndrias? Por quê? 10. d) Não, pois todas as células eucarióticas possuem mitocôndrias.

e. Busque mais informações a respeito da hipótese endossimbiótica e represente seus pontos principais na forma de um esquema.
10. e) Veja comentários no Manual.

Questões do Enem e de vestibulares

11. Veja comentários no Manual.

11. (Unesp) Suponha que aminoácidos que entram na composição das enzimas digestivas de um macrófago tenham sido marcados com isótopos radioativos, o que permite acompanhar seu trajeto pela célula. Em que organela do macrófago haverá maior concentração desses aminoácidos? Justifique.

12. (Unicamp-SP – mod.) As células apresentam estruturas e funções diferenciadas de acordo com o organismo ou tecido em que se encontram.

a. Desenhe uma célula que contenha as organelas responsáveis pela respiração celular, pela fotossíntese e pela síntese de proteínas.

b. Descreva a morfologia e indique as funções das estruturas que delimitam a célula desenhada.

13. (Enem-2013) A estratégia de obtenção de plantas transgênicas pela inserção de transgenes em cloroplastos, em substituição à metodologia clássica de inserção do transgene no núcleo da célula hospedeira, resultou no aumento quantitativo da produção de proteínas recombinantes com diversas finalidades biotecnológicas. O mesmo tipo de estratégia poderia ser utilizada para produzir proteínas recombinantes em células de organismos eucarióticos não fotossintetizantes, como as leveduras, que são usadas para produção comercial de várias proteínas recombinantes e que podem ser cultivadas em grandes fermentadores.

Considerando a estratégia metodológica descrita, qual organela celular poderia ser utilizada para inserção de transgenes em leveduras?

a. Lisossomo.

b. Mitocôndria.

c. Peroxissomo. 13. b

d. Complexo golgiense.

e. Retículo endoplasmático.

14. (Enem-2014) Segundo a teoria evolutiva mais aceita hoje, as mitocôndrias, organelas celulares responsáveis pela produção de ATP em células eucariotas, assim como os cloroplastos, teriam sido originados de procariontes ancestrais que foram incorporados por células mais complexas.

Uma característica da mitocôndria que sustenta essa teoria é a

a. capacidade de produzir moléculas de ATP.

b. presença de parede celular semelhante à de procariontes.

14. d

c. presença de membranas envolvendo e separando a matriz mitocondrial do citoplasma.

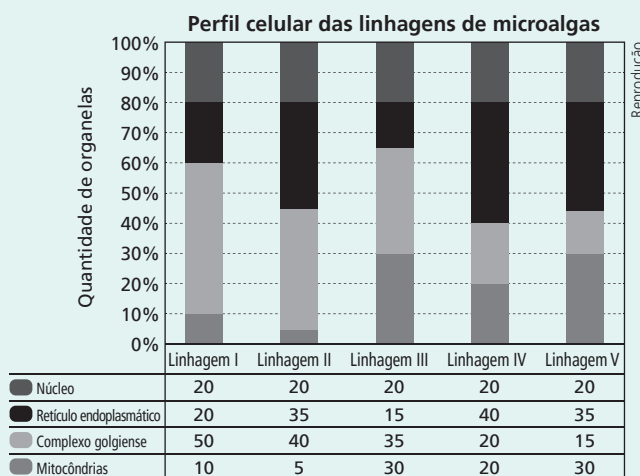
d. capacidade de autoduplicação dada por DNA circular próprio semelhante ao bacteriano.

e. presença de um sistema enzimático eficiente às reações químicas do metabolismo aeróbio.

15. (Enem-2013) Uma indústria está escolhendo uma linhagem de microalgas que otimize a secreção de polímeros comestíveis, os quais são obtidos do meio de cultura de crescimento. Na figura podem ser observadas as proporções de algumas organelas presentes no citoplasma de cada linhagem.

Perfil celular das linhagens de microalgas

Quantidade de organelas (0% – 100%)

	Linhagem I	Linhagem II	Linhagem III	Linhagem IV	Linhagem V
Núcleo	20	20	20	20	20
Retículo endoplasmático	20	35	15	40	35
Complexo golgiense	50	40	35	20	15
Mitocôndrias	10	5	30	20	30

Qual é a melhor linhagem para se conseguir maior rendimento de polímeros secretados no meio de cultura?

a. I. **b.** II. **c.** III. **d.** IV. **e.** V.

15. a

12. a) Consulte o Manual. A célula desenhada deve ter mitocôndrias, cloroplastos, ribossomos e retículo endoplasmático granuloso.
12. b) A célula é vegetal e as estruturas que a delimitam são parede celular e membrana plasmática. Veja mais comentários no Manual.

capítulo 9

Metabolismo energético da célula

COMENTÁRIOS GERAIS

REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DE BIOLOGIA

1 Conceitos gerais

Neste capítulo, vamos estudar a obtenção, a transformação e a utilização da energia necessária à vida, ou seja, o **metabolismo energético da célula**.

Os principais processos envolvidos no metabolismo energético da célula são a **fotossíntese** e a **quimiossíntese**, que produzem matéria orgânica a partir de substâncias inorgânicas simples, e a **respiração aeróbia**, a **respiração anaeróbia** e a **fermentação**, que liberam a energia contida nos alimentos orgânicos.

2 Fotossíntese

A fotossíntese tem esse nome porque é um processo de síntese que exige luz para que se realize (*foto* = luz). A síntese que ocorre é a formação de matéria orgânica (carboidratos), a partir da água e do gás carbônico, havendo necessidade de um pigmento que capte a energia da luz solar: o **pigmento clorofila**. Assim, a fotossíntese somente é realizada pelos seres vivos que possuem células com pigmentos fotossintetizantes, especialmente a clorofila, que é o pigmento verde.

Costumamos dizer *clorofila*, no singular, mas existem alguns tipos de clorofila, principalmente as conhecidas por **a**, **b**, **c** e **d**. Esses tipos diferem um pouco entre si e utilizam diferencialmente certos comprimentos de onda do espectro luminoso, principalmente do azul e do vermelho.

CURIOSIDADE

Os **pigmentos** são constituídos por moléculas que apresentam uma cor, pela reflexão de determinados comprimentos de onda. Um objeto vermelho, por exemplo, contém pigmentos que refletem as ondas cuja frequência e comprimento de onda estão dentro da faixa correspondente à cor vermelha; as demais ondas são absorvidas.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

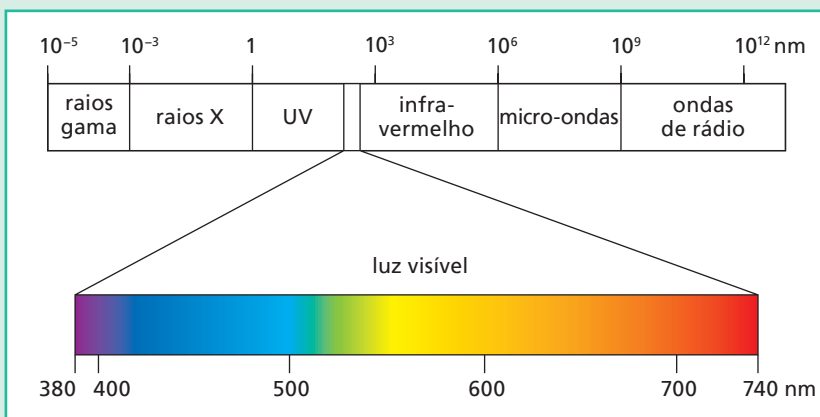
Espectro eletromagnético

O Sol emite luz branca, que pode ser decomposta nas sete cores do espectro visível: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil (índigo) e violeta.

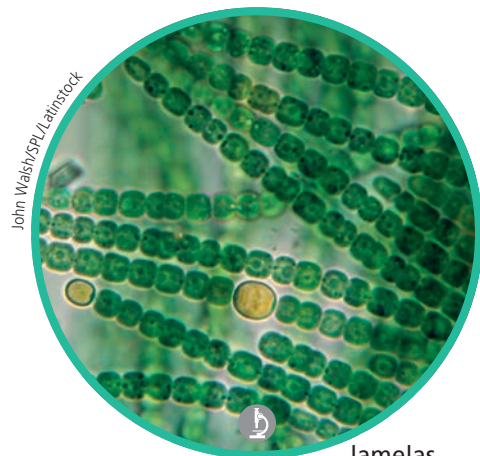
A luz corresponde às ondas eletromagnéticas capazes de estimular nossa visão, permitindo-nos enxergar as cores.

As ondas eletromagnéticas são definidas por sua frequência, medida em hertz (Hz), e seu comprimento de onda, medido em nanometros (nm). No espectro eletromagnético, a luz visível corresponde a uma faixa que vai de aproximadamente 380 nm (cor violeta) a 740 nm (cor vermelha).

Equipe NATH/Arquivo da editora

Além das ondas correspondentes à luz visível, o espectro eletromagnético é formado por radiações invisíveis à vista humana: ultravioleta (UV), raios X, raios gama, infravermelho, micro-ondas e ondas de rádio.

Planta em crescimento, tendo em seu ápice folhas recém-formadas de cor marrom. A ocorrência dessa cor se deve à **falta de clorofila**, ainda não produzida. As folhas já desenvolvidas possuem células com cloroplastos e são verdes porque a predominância de clorofila reflete os raios luminosos correspondentes a essa cor.

Dr. Morley Read/SPL/Latinstock

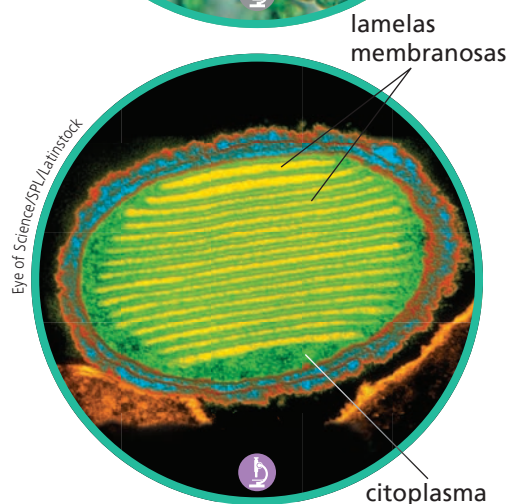
Cianobactérias do gênero *Anabaena*. Esses organismos fotossintetizantes vivem agrupados em colônias filamentosas. Cada célula tem cerca de 2 µm de comprimento.

John Walsh/SPL/Latinstock

A hipótese endossimbiótica, que explica a origem de cloroplastos e mitocôndrias, é abordada no capítulo 8.

Bactéria fotossintética (em corte), mostrando as lamelas membranosas no citoplasma. Os pigmentos envolvidos na fotossíntese situam-se nessas lamelas. Esta bactéria (cerca de 2 µm) é encontrada em ambientes lodosos onde a temperatura e a salinidade são elevadas, além da alta concentração de enxofre.

Eye of Science/SPL/Latinstock

lamelas membranosas

citoplasma

Entre todas as clorofilas, a mais abundante na natureza e que ocorre em praticamente todos os seres fotossintetizantes é a clorofila **a**. Junto com a clorofila **a**, encontramos outros tipos de clorofila e outros pigmentos que captam a energia luminosa e a transferem para a clorofila **a**. São exemplos de pigmentos auxiliares na fotossíntese os carotenoides, de cor amarelada ou alaranjada, pois refletem os comprimentos de onda correspondentes a essas cores.

Afirmamos que *praticamente* todos os seres fotossintetizantes possuem clorofila **a** porque existem exceções: as bactérias fotossintetizantes que possuem um tipo especial de clorofila chamada **bacterioclorofila,** que absorve de forma mais eficiente o comprimento de onda infravermelho, invisível ao olho humano. Tais bactérias pertencem ao reino Monera, mesmo reino das cianobactérias, que realizam fotossíntese, mas não possuem bacterioclorofila. As cianobactérias possuem clorofila **a**, como os demais fotossintetizantes eucariontes, sendo este mais um indício da provável origem dos cloroplastos a partir de simbiose mutualística de eucariontes com cianobactérias ancestrais. Todos os eucariontes fotossintetizantes possuem clorofila **a**.

Nos procariontes, os pigmentos fotossintetizantes situam-se em membranas que formam vesículas ou lamelas concêntricas no citoplasma, mas que não correspondem a organelas membranosas, como plastos, que são característicos dos eucariontes fotossintetizantes.

A estrutura dos cloroplastos foi abordada no capítulo anterior. É com base nos processos que ocorrem nos cloroplastos dos eucariontes que estudaremos as etapas da fotossíntese.

PENSE E RESPONDA

Considere duas plantas de folhas verdes. Uma delas foi submetida à luz vermelha e a outra, à luz verde.

a. De que cor as folhas de cada planta seriam visualizadas?

b. Se as plantas fossem mantidas sob tal iluminação por uma semana, qual seria o efeito esperado em seu metabolismo?

c. Como deveriam ser mantidos os outros fatores abióticos, para cada planta, durante o experimento? Justifique suas respostas.

a) A planta sob luz vermelha pareceria ter folhas pretas, e a planta sob luz verde não teria alteração em sua cor.
b) A luz verde não é absorvida e a planta provavelmente morreria por não realizar fotossíntese.
c) Idênticos para as duas plantas. Desse modo, é possível relacionar os resultados do experimento a apenas uma variável.

Caso existam condições na escola para a realização dos procedimentos descritos, atente para as regras de segurança e não permita que os alunos tenham contato com fogo ou com substâncias quentes. Veja, na parte geral do Manual, comentários sobre segurança no laboratório.

2.1 Separando pigmentos

Uma técnica que pode ser usada para separar pigmentos presentes em folhas de plantas é a **cromatografia**. O princípio dessa técnica é o de que pigmentos diferentes, quando dissolvidos em um solvente (como álcool ou éter), movimentam-se com velocidades diferentes em um pedaço de papel.

Existem técnicas muito sofisticadas de cromatografia, mas a descrita aqui é das mais simples. Recolhem-se algumas folhas de uma planta, colocando-as em um recipiente onde serão maceradas com um pouco de álcool etílico. Pode-se também remover os pigmentos usando álcool quente, como explicado ao lado.

O líquido obtido é separado em um recipiente, como uma placa de Petri, conforme mostra a imagem 1. Em seguida, utilizamos dois pedaços de papel-filtro (semelhante ao que utilizamos para coar café). Um deles, no qual foi feito um furo no centro, é colocado cobrindo o líquido; o outro é enrolado, formando um cilindro (tubo). Esse cilindro é colocado verticalmente, atravessando o furo, de maneira que a extremidade inferior fique em contato direto com o líquido (representado nas imagens 2 e 3).

ATENÇÃO

Para aquecer o álcool sem risco de ele pegar fogo, pode-se ferver água em uma panela. Depois de apagar o fogo, colocar, em uma panela menor, o álcool com a folha. Essa segunda panela será colocada na água quente da primeira panela. **NUNCA SE DEVE APROXIMAR O ÁLCOOL DO FOGO**. Você **não** deve realizar este procedimento, para sua segurança. A descrição do procedimento está sendo feita apenas para que você entenda a demonstração.

The Next

> **Folhas** em álcool frio.

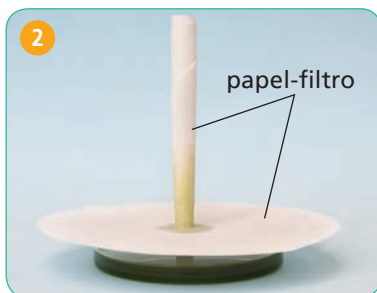
The Next

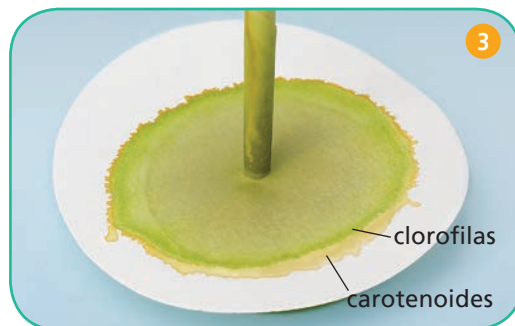
^ A água fervida **aquece o álcool**.

Veja no Manual comentários a respeito da cromatografia.

Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

1 Extrato de folhas verdes.

Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

2 Montagem da cromatografia.

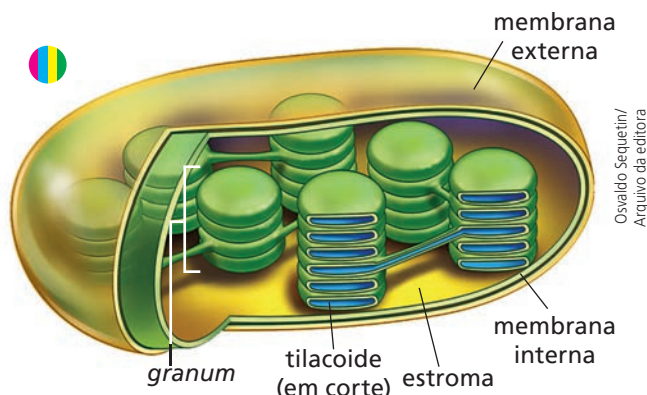
Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

3 Resultado da cromatografia.

O líquido começa a migrar pelo papel-filtro e os pigmentos são separados. Podemos notar uma faixa de pigmentos verdes, que são clorofilas, e uma faixa de pigmentos amarelos, que são carotenoides.

2.2 Etapas da fotossíntese

Podemos, para facilidade de entendimento, dividir os processos químicos da fotossíntese em duas etapas: a que depende diretamente da luz, em que ocorre a **fotólise da água** e a **fotofosforilação**, e a que não depende diretamente da luz, em que ocorre a **formação da matéria orgânica**.

A etapa dependente da luz ocorre nos tilacoides, e a da formação da matéria orgânica ocorre no estroma dos cloroplastos. Reveja a estrutura do cloroplasto na figura ao lado.

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

^ O **cloroplasto**, com parte removida.

Na página 207, há uma leitura a respeito das plantas que realizam a etapa de síntese da matéria orgânica durante a noite. Diversas espécies nativas do Brasil possuem esse tipo de metabolismo fotossintético.

Veja, no Manual, comentário a respeito da abordagem da bioquímica da fotossíntese e da respiração celular.

CURIOSIDADE

Relembrando alguns conceitos de reações químicas, as reações de **análise** (ou decomposição) são caracterizadas pela decomposição de uma substância complexa em duas (ou mais) substâncias mais simples. Essas reações geralmente ocorrem por ação de um agente, como a eletricidade e a luz, por exemplo. Quando o agente é a **eletricidade**, falamos em **eletrólise**; quando é a **luz**, falamos em **fotólise**.
Você se lembra de quando estudou a eletrólise da água no Ensino Fundamental? A planta não faz eletrólise, mas faz fotólise.

RECORDE-SE

Íon
Formado da perda ou do ganho de elétrons por um átomo, não sendo eletricamente neutro. O íon hidrogênio é positivamente carregado, pois surge da perda de um elétron, ou seja, de uma partícula de carga elétrica negativa.

1
tubo de ensaio
funil (destacado por linha pontilhada)
elódea
pequenas bolhas liberadas pela elódea

Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

^ Montagem da demonstração.

2
espaço ocupado por gás

ALERTA
A atividade deve ser feita apenas sob a supervisão do professor.

Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

^ Resultado observado após 10 dias.

Fotólise da água

A palavra **fotólise** significa "quebra pela luz", uma referência à primeira etapa da fotossíntese ser desencadeada pela presença dos raios luminosos. Desse processo participa a clorofila.

Em presença de luz, moléculas de clorofila ficam em um estado ativado (ou excitado) e isso desencadeia uma reação química de análise, em que a água (H_2O) é transformada em hidrogênio, decomposto em elétrons (e^-) e íons hidrogênio (H^+), e em gás oxigênio (O_2):

$$2\,H_2O \xrightarrow{\text{luz e clorofila}} 4\,H^+ + 4\,e^- + O_2$$

Os elétrons e os íons hidrogênio são "capturados" por compostos transportadores presentes no estroma, conhecidos pela sigla $NADP^+$ (do nome, em inglês, da substância fosfato de dinucleotídeo de nicotinamida e adenina). Recebendo íons H^+, esses transportadores passam a ser NADPH e participam da etapa de formação da matéria orgânica.

O gás oxigênio desprende-se para o ambiente já nessa primeira etapa. Dessa forma, os seres fotossintetizantes produzem o gás oxigênio nos diferentes ecossistemas, fato de extrema importância para a preservação da vida na Terra.

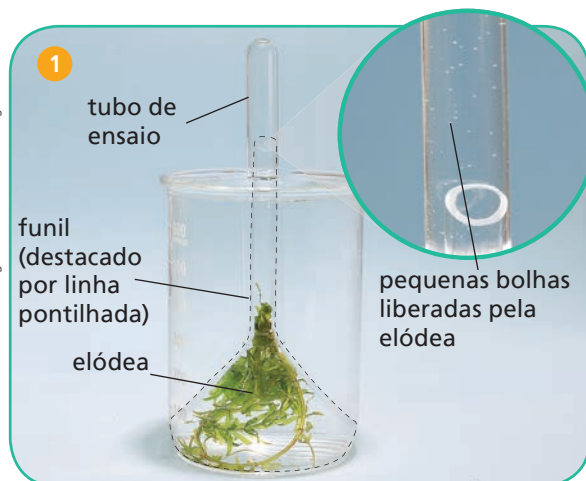
Teste da formação de oxigênio na fotossíntese

Podemos provar que a planta, ao realizar fotossíntese, libera gás oxigênio para o ambiente. Para isso, fazemos o seguinte:

- em um recipiente, colocamos água e uma planta aquática, como a elódea;
- cobrimos a planta com um funil invertido, totalmente mergulhado, de maneira que sua extremidade afilada fique abaixo do nível da água da cuba;
- enchemos um tubo de ensaio com água e o emborcamos no bico do funil, com cuidado para que não saia água de dentro desse tubo (veja foto 1, ao lado).

Deixando essa preparação exposta à luz por aproximadamente uma semana, vamos notar que a planta começa a liberar pequenas bolhas, facilmente perceptíveis, pois elas sobem na água, acumulando-se na extremidade do tubo de ensaio (veja foto 2).

As bolhas indicam que está sendo liberada uma substância no estado gasoso. Que gás é esse?

Segundo nossa hipótese, o gás que está sendo produzido pela planta é o oxigênio (O_2).

Caso haja condições para a realização dos procedimentos na escola, veja mais orientações no Manual.

Para testar essa hipótese, verificamos se o gás que se acumulou no tubo é realmente o oxigênio. Para isso, recorremos a uma de suas propriedades: a de comburente, isto é, uma substância que alimenta a chama.

Um teste, que pode ser feito apenas pelo professor, e tomando cuidados adicionais, como o uso de luva protetora e óculos de proteção, é o descrito a seguir e mostrado na foto 3:

- retira-se o tubo de ensaio, deixando escorrer a água que está dentro dele. O tubo deve ser mantido com a boca para cima, pois o gás oxigênio é mais denso do que o ar. Dessa forma, evita-se que ele se desprenda muito rapidamente, o que dificultaria a observação;
- em seguida, seguramos na entrada do tubo um palito de fósforo em brasa;
- a chama é reavivada ao entrar em contato com o oxigênio.

3

Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

Procedimento para testar a **presença de gás oxigênio** no tubo de ensaio. Dependendo da quantidade de gás oxigênio presente, a chama do fósforo pode se acender muito rapidamente e com intensidade. **Por isso, só o professor deve realizar esse procedimento, tomando as devidas medidas de segurança.**

Fotofosforilação

Fotofosforilação significa adição de fosfato (fosforilação) em presença de luz (*foto*). A substância que sofre adição de fosfato inorgânico (Pi) é o **ADP** (adenosina difosfato ou difosfato de adenosina), formando **ATP** (adenosina trifosfato ou trifosfato de adenosina). Esse processo ocorre no estroma do cloroplasto.

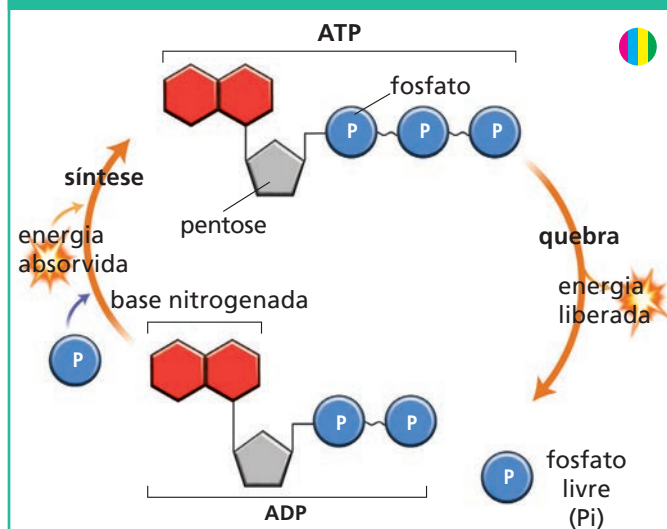
ADP + Pi ⇄ ATP (fosforilação →; ← desfosforilação)

Grande parte da energia liberada na oxidação de moléculas orgânicas, dentro das células, fica armazenada nas moléculas de ATP, que atuam como verdadeiras "moedas energéticas", a serem gastas em processos celulares.

Como você pode observar na ilustração ao lado, o ATP é formado por adenosina ligada a três radicais fosfato, razão do nome trifosfato de adenosina.

A adenosina ligada a um grupo fosfato corresponde a um nucleotídeo, unidade que forma também os ácidos nucleicos. No caso do ATP, a base nitrogenada é a adenina, que se liga a uma molécula do açúcar ribose, à semelhança do que ocorre no RNA.

Síntese de ATP a partir de ADP

ATP
fosfato
P P P
síntese
energia absorvida
pentose
quebra
energia liberada
base nitrogenada
P
P P
fosfato livre (Pi)
ADP

Paulo Cesar Pereira/Arquivo da editora

Modelo simplificado das **moléculas de ATP e ADP**. Observe que a energia absorvida na síntese de ATP fica armazenada na última ligação fosfato. Quando ocorre a quebra dessa ligação, a energia é liberada.

ATENÇÃO

O **fosfato** é um composto contendo fósforo, cujo símbolo químico é P (do latim *Phosphorus*), e oxigênio (símbolo O). Sua fórmula é PO_4^{-3}. Nas representações esquemáticas das moléculas de ATP, ADP, DNA e RNA, é comum indicar o fosfato pela letra P, do inglês *Phosphate*. Essa é também a origem da sigla ATP, do inglês *Adenosine TriPhosphate*. O fosfato inorgânico é o íon fosfato (PO_4^{-2}) em solução aquosa, representado por Pi.

Cada $NADP^+$ transporta 2 elétrons e um íon hidrogênio. Ao final do ciclo de Calvin-Benson, são produzidas moléculas com 3 carbonos, gliceraldeído-3-fosfato (G3P). Para a produção de um G3P, são consumidas 9 moléculas de ATP e 6 NADPH. Fonte: REECE, J. B. et al. *Campbell Biology*, 9. ed. Benjamin Cummings, 2009, p. 186-199.

No ATP, a energia fica armazenada especialmente na terceira ligação fosfato, sendo liberada quando essa ligação é quebrada. Com a liberação da energia, o ATP transforma-se em ADP (difosfato de adenosina).

Nos tilacoides, há conjuntos de enzimas organizadas em sequência ou cadeia, ativada na passagem de elétrons de uma enzima para a seguinte. Por isso, cada um desses conjuntos de enzimas é chamado cadeia transportadora de elétrons. A última das enzimas de uma cadeia transportadora de elétrons é a ATP-sintase (ou sintase do ATP), que catalisa a geração de ATP.

Formação da matéria orgânica

Nesta etapa da fotossíntese, não há necessidade direta de luz ou clorofila: ela se realiza independentemente da presença desses dois fatores, mas precisa da energia armazenada no ATP, produzido na fotofosforilação, e precisa dos hidrogênios provenientes da fotólise da água. Assim, dizemos que essa etapa depende indiretamente da luz.

Dessa etapa, participa o CO_2 do ar atmosférico. As moléculas de gás carbônico, mais os elétrons e íons hidrogênio trazidos pelos transportadores NADPH, participam de um ciclo bastante complexo de reações químicas, que compõem o ciclo de fixação do carbono ou ciclo de Calvin-Benson, nome em homenagem aos pesquisadores que descreveram o processo. Nesse ciclo, que ocorre no estroma, o átomo de carbono presente na molécula de CO_2 é fixado em uma molécula de carboidrato $(CH_2O)_n$, gerando também como produto moléculas de água. Restam também moléculas de ADP e de $NADP^+$, disponíveis no estroma e usadas novamente nas etapas de fotofosforilação e fotólise da água.

A molécula CH_2O sofre **polimerização** imediata, originando açúcares simples, principalmente a glicose ($C_6H_{12}O_6$). A polimerização é o processo em que moléculas iguais se reúnem e originam uma nova substância constituída por um múltiplo dessas moléculas.

CURIOSIDADE

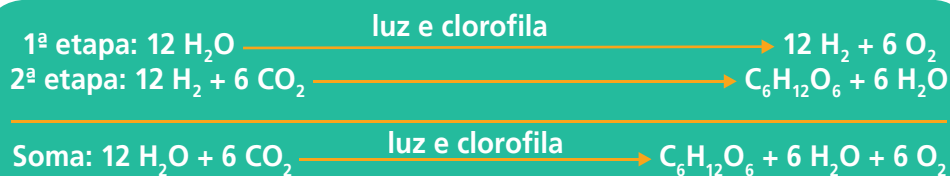
O ciclo que leva à formação de matéria orgânica na fotossíntese foi descrito pelos cientistas James Bassham, Andrew Benson e Melvin Calvin, da Universidade da Califórnia (EUA), em artigo científico publicado em 1950. Pelo trabalho receberam o Prêmio Nobel em 1961. Por isso, o processo é conhecido como ciclo de Calvin-Benson ou, ainda, ciclo de Calvin-Benson-Bassham.

Veja o artigo original de Bassham, Benson e Calvin, em inglês, disponível em: <http://www.jbc.org/content/185/2/781.full.pdf+html?sid=9f9acc07-aadd-453a-a298-a5845ded0e0a>. Acesso em: 10 fev. 2016.

2.3 Visão geral do processo fotossintético

Para termos uma visão geral do processo fotossintético, podemos representar cada uma das fases por uma equação simplificada, e somar essas equações para chegarmos à **equação geral da fotossíntese**:

$$\text{1ª etapa: } 12\,H_2O \xrightarrow{\text{luz e clorofila}} 12\,H_2 + 6\,O_2$$
$$\text{2ª etapa: } 12\,H_2 + 6\,CO_2 \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\,H_2O$$
$$\text{Soma: } 12\,H_2O + 6\,CO_2 \xrightarrow{\text{luz e clorofila}} C_6H_{12}O_6 + 6\,H_2O + 6\,O_2$$

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

Nessa soma, como 12 moléculas de H_2 aparecem como produto na primeira etapa e como reagentes na segunda etapa, pode-se eliminá-las por simplificação. Depois, é só copiar os reagentes e os produtos que sobraram nas duas equações, ficando:

$$12\,H_2 + 6\,CO_2 \xrightarrow{\text{luz e clorofila}} C_6H_{12}O_6 + 6\,H_2O + 6\,O_2$$

ATENÇÃO

O ATP e o ADP não foram considerados nas equações ao lado, pois o que é produzido na fotofosforilação é consumido na produção de matéria orgânica. Não se esqueça, também, de que o hidrogênio participa das reações da fotossíntese na forma de elétrons e íons hidrogênio (H^+).

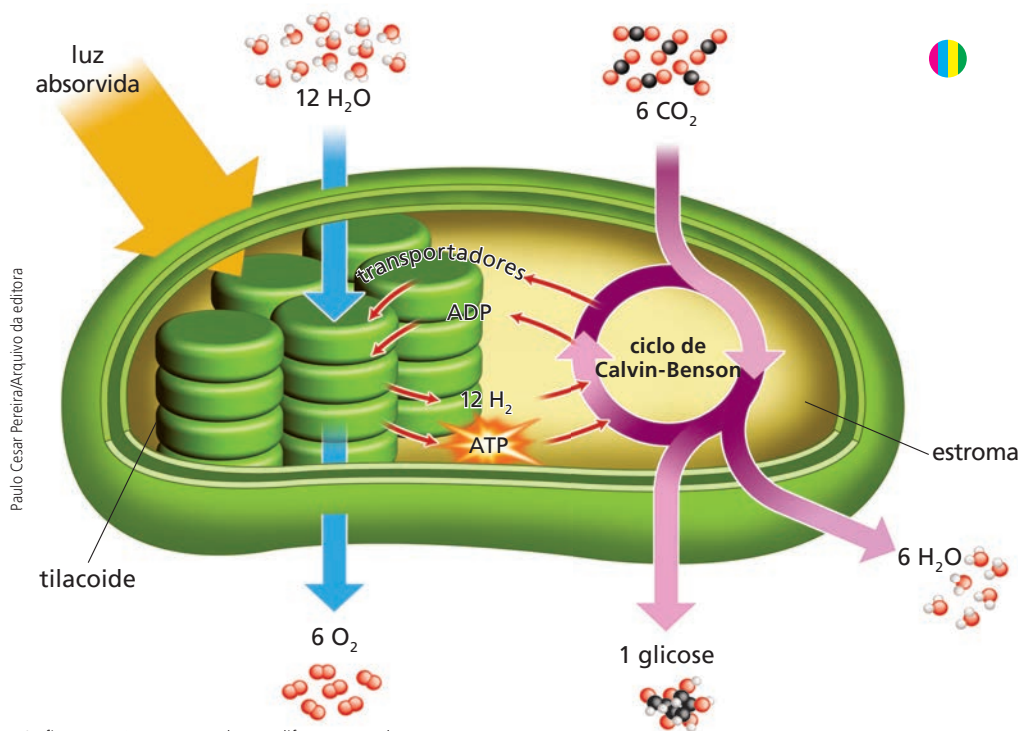
A partir de açúcares simples, como a glicose, a planta produz os açúcares mais complexos, como o **amido**.

A sacarose é o açúcar comum, encontrado na cana-de-açúcar e é formado pela união de duas moléculas de hexose: uma de glicose e uma de frutose, ambas formadas em decorrência da fotossíntese.

O esquema a seguir ilustra as principais etapas da fotossíntese e o local onde elas acontecem, no cloroplasto.

luz absorvida
$12\ H_2O$
$6\ CO_2$
transportadores
ADP
ciclo de Calvin-Benson
$12\ H_2$
ATP
estroma
tilacoide
$6\ H_2O$
$6\ O_2$
1 glicose

Paulo Cesar Pereira/Arquivo da editora

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Esquema simplificado da **fotossíntese** mostrando suas principais reações e onde ocorrem no cloroplasto.

Teste da presença de amido e sua formação em decorrência da fotossíntese

A presença do amido nas plantas pode ser determinada usando-se uma de suas características: o amido adquire cor azul-violeta em presença de uma solução fraca de iodo (lugol).

É possível também demonstrar a presença de amido em farinhas. Basta colocar um pouco da farinha em uma gota de água misturada com solução fraca de iodo: os grãos de amido tomam imediatamente a cor azul-violeta.

Cada planta produz um grão de amido com forma característica, o que nos permite identificar o tipo de farinha que está sendo observado.

Como podemos comprovar que o amido é produzido em decorrência da fotossíntese? Isso pode ser provado por meio de um procedimento experimental, descrito a seguir, e que pode ser realizado pelo professor:

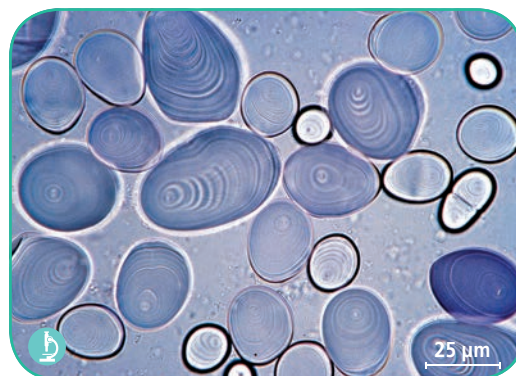
- cobre-se uma folha, ainda presa à planta, com papel-alumínio ou qualquer outro papel opaco, que impede a passagem de luz;
- passados alguns dias, retiram-se duas folhas da planta – aquela coberta com papel-alumínio e uma descoberta;
- retira-se o papel-alumínio da folha coberta;
- as duas folhas devem ser descoradas em álcool quente.

O **lugol** é uma solução de iodo, de cor amarelada, que permite identificar a presença de amido. Observe pelas fotografias que a cor do lugol (1) torna-se arroxeada no contato com o amido da batata (2).

1

2

Fotos: Imagemlatina

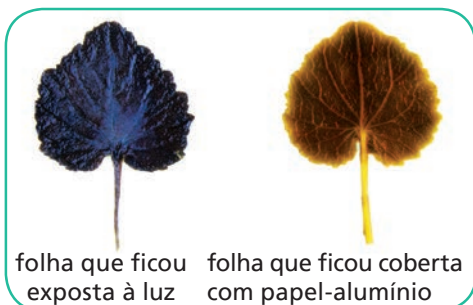
25 µm

ISM/Phototake/Glow Images

Grãos de amido de batata, corados com solução de iodo. Cada grão contém muitas moléculas de amido, e seu aspecto é diferente para cada espécie de planta.

Caso existam condições na escola para a realização dos procedimentos descritos, atente para as regras de segurança e não permita que os alunos tenham contato com fogo ou com substâncias quentes.

Cordelia Molloy/SPL/Latinstock

folha que ficou exposta à luz

folha que ficou coberta com papel-alumínio

Duas folhas descoradas, que receberam **aplicação de solução de iodo**.

ALERTA
A atividade deve ser feita apenas sob a supervisão do professor.

O álcool aquecido dissolve rapidamente a clorofila, ficando esverdeado, enquanto as folhas, agora sem clorofila, tornam-se esbranquiçadas.

Se colocarmos as folhas esbranquiçadas em uma solução fraca de iodo, o que acontecerá? A folha que ficou descoberta, exposta à luz, adquire a cor azul-violeta, indicando que nela há amido. A folha coberta pelo papel-alumínio adquire a cor parda da solução de iodo, o que significa que ela não possui amido. É possível concluir que o amido foi produzido pela folha que realizou fotossíntese, em presença de clorofila e de luz.

CURIOSIDADE

Uma alternativa ao procedimento descrito é o de recortar, no papel-alumínio, uma figura qualquer, por exemplo a letra F. Passados alguns dias, realiza-se o descoramento da folha e aplica-se a solução de iodo. Aparecerá nela em cor azul-violeta a figura (no caso, a letra F) que foi recortada no alumínio. Isso ocorre porque a região da figura foi a única parte da folha que recebeu luz durante os dias em que a folha esteve recoberta e, assim, a única parte que realizou fotossíntese, produzindo amido.

Luis Moura/Arquivo da editora

Ilustração representando o **resultado** esperado do procedimento descrito.

3 Quimiossíntese

A **quimiossíntese** é realizada apenas por certas bactérias, sem necessidade de luz. Nesse processo de síntese de carboidratos a partir de CO_2 e H_2O, as bactérias obtêm energia por oxidação de substâncias inorgânicas, como o gás sulfídrico (H_2S), o carbonato de ferro ($FeCO_3$) e a amônia (NH_3).

Assim, são identificados grupos de procariontes quimiossintetizantes de acordo com o substrato utilizado: as **sulfobactérias** oxidam compostos do enxofre, as **ferrobactérias** oxidam compostos de ferro e as **nitrobactérias** oxidam compostos de nitrogênio.

A primeira etapa da quimiossíntese consiste na oxidação da substância inorgânica utilizada como fonte de energia:

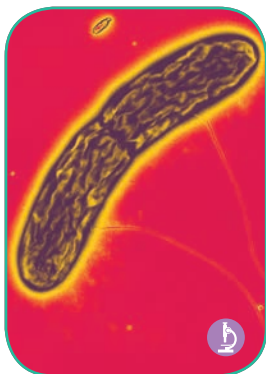
substância inorgânica + O_2 ⟶ substância inorgânica oxidada + energia

Obtida a energia necessária, pela oxidação, as bactérias passam à segunda fase, na qual ocorre a síntese: utilizando a energia, produzem a matéria orgânica, a partir da água e do gás carbônico:

$$CO_2 + H_2O + \text{energia} \longrightarrow CH_2O + O_2$$

A fórmula CH_2O representa o aldeído fórmico, que logo sofre polimerização, originando açúcares simples, como a glicose.

Muitas bactérias quimiossintetizantes são encontradas no solo e em ambientes desfavoráveis à maior parte dos seres vivos, como as profundezas dos oceanos, especialmente nas fontes termais submarinas.

Derek Lovley/SPL/Latinstock

Ferrobactéria do gênero *Geobacter*. A célula mede cerca de 2 μm de comprimento.

4 Respiração celular aeróbia

A **respiração aeróbia** se processa por reações que utilizam matéria orgânica e oxigênio livre, ou seja, o gás oxigênio (O_2) encontrado sob a forma de substância pura, como o que existe na troposfera e o que se encontra dissolvido na água. De forma bem simplificada, vamos estudar a respiração pelo consumo de glicose, mas ela pode ocorrer a partir de aminoácidos e de ácidos graxos e glicerol. Esse processo pode ser dividido em duas fases: uma anaeróbia e uma aeróbia.

A fase anaeróbia ocorre no citosol e consiste na **glicólise**, processo em que cada molécula de glicose ($C_6H_{12}O_6$) é decomposta em duas moléculas de uma substância mais simples, o **piruvato** ($C_3H_4O_3$), segundo a reação:

$$\underset{\text{glicose}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{piruvato}}{2\,C_3H_4O_3} + \underset{\text{hidrogênio}}{2\,H_2} + \text{energia}$$

Como você pode observar na equação, o desdobramento da glicose em piruvato se faz sem a presença de oxigênio livre, o que caracteriza um processo anaeróbio. Assim, embora a respiração aeróbia seja um processo que exige a participação de oxigênio livre, a primeira fase é anaeróbia. No início desse processo, é consumida a energia armazenada em duas moléculas de ATPs. No entanto, ao longo da glicólise ocorre a liberação de energia, formando-se quatro ATPs. Por isso, dizemos que o saldo energético da glicólise é de duas moléculas de ATP. Os elétrons e os íons de hidrogênio se ligam a transportadores conhecidos pela sigla NAD^+ (do nome, em inglês, da molécula dinucleotídeo de nicotinamida e adenina), formando NADH.

A fase aeróbia realiza-se por uma sequência de reações que constituem o **ciclo de Krebs** e a **cadeia respiratória**. Esses processos ocorrem dentro das mitocôndrias das células eucarióticas, na matriz e nas cristas mitocondriais, respectivamente.

Depois que penetra a mitocôndria, o piruvato sofre transformações, originando uma substância chamada acetil-CoA que entra no ciclo de Krebs. Na transformação de uma molécula de piruvato em acetil-CoA, forma-se uma molécula de CO_2, que se difunde para fora da mitocôndria e, finalmente, para fora da célula.

Desde a entrada do piruvato na mitocôndria até a finalização de um ciclo de Krebs completo, tem-se como resultado a produção de mais moléculas de gás carbônico e de mais elétrons e íons hidrogênio. O gás carbônico se difunde para o citoplasma e para fora da célula; elétrons e íons H^+ são captados pelos transportadores NAD^+ e FAD, presentes na matriz mitocondrial, formando, respectivamente, NADH e $FADH_2$. Nessa etapa também ocorre desprendimento de energia e, consequentemente, a formação de 2 moléculas de ATP.

$$\text{piruvato} \longrightarrow \text{gás carbônico} + \text{hidrogênio} + \text{energia}$$

De modo similar ao que existe nos tilacoides dos cloroplastos, há conjuntos de cadeias transportadoras de elétrons ao longo das cristas mitocondriais. Na cadeia transportadora de elétrons, também conhecida como cadeia respiratória, acontece a terceira etapa da respiração celular aeróbia.

As enzimas que compõem essas cadeias recebem os elétrons derivados do hidrogênio, transportados na forma de NADH e $FADH_2$. A energia liberada na passagem dos elétrons é responsável pela formação de muitas moléculas de ATP, gerando um saldo de 32 ou 34 ATPs, dependendo da célula. Ao final da cadeia respiratória, os íons hidrogênio (H^+) reagem com o oxigênio livre, proveniente do gás oxigênio, formando água (H_2O).

Aeróbio: relacionado à presença de oxigênio. Anaeróbio: *an* = prefixo de negação; relacionado à ausência de oxigênio. Glicólise: quebra (*lise*) da glicose; relaciona-se com a quebra da glicose e liberação de energia, sem participação de gás oxigênio.

PENSE E RESPONDA

Consulte o glossário etimológico para descobrir o significado dos seguintes termos: **aeróbio**, **anaeróbio** e **glicólise**. Associe o significado de cada nome com o processo de respiração celular.

RECORDE-SE

Reveja a estrutura da mitocôndria na página 189, do capítulo 8.

CURIOSIDADE

Ciclo de Krebs

A expressão "ciclo de Krebs" foi dada em homenagem a **Hans Adolf Krebs**, bioquímico que descreveu esse ciclo, em torno do ano de 1943. Krebs nasceu na Alemanha em 1900 e emigrou para a Inglaterra em 1934, onde morreu aos 81 anos de idade.

Podemos escrever uma equação para representar, de forma bem simplificada, a respiração aeróbia:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \longrightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + \text{energia}$$

O saldo total em ATPs da respiração aeróbia, a partir da quebra de uma molécula de glicose, é de 36 ou de 38 ATPs, dependendo da célula. O esquema a seguir representa as principais etapas da respiração aeróbia.

Esquema simplificado da **respiração aeróbia**, mostrando suas principais etapas, que ocorrem no citoplasma e no interior da mitocôndria.

5 Respiração celular anaeróbia

A respiração aeróbia é o processo mais amplamente utilizado pelos seres vivos para obtenção de energia a partir da matéria orgânica. Alguns seres vivos podem, no entanto, recorrer a dois processos anaeróbios, ou seja, processos que não utilizam oxigênio livre: a respiração anaeróbia e a fermentação.

A **respiração anaeróbia** é realizada por certas espécies de bactérias e consiste na liberação da energia contida nos alimentos usando substâncias inorgânicas que contêm oxigênio em suas moléculas. Observe, por exemplo, esta reação de respiração anaeróbia:

$$C_6H_{12}O_6 + 4\ NO_3 \longrightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + 2\ N_2 + \text{energia}$$

Bactérias denitrificantes do solo. Cada uma mede cerca de 2 μm de comprimento.

Embora não tenha sido utilizado oxigênio livre, foi utilizado o nitrato (NO_3), que contém oxigênio. Esta reação promove a liberação de gás nitrogênio (N_2) para o ambiente, uma etapa fundamental do ciclo do nitrogênio, que estudamos no capítulo 3. As bactérias que realizam esse tipo de respiração anaeróbia são chamadas denitrificantes.

Em outros casos, ao invés de nitrato, esse processo é feito usando carbonatos ou sulfatos.

6 Fermentação

Na **fermentação**, a glicose ($C_6H_{12}O_6$) sofre desdobramento sem reagir com outra substância. Para que se realize, esse processo não depende, portanto, de oxigênio livre nem de substância que contenha oxigênio.

São vários os tipos de fermentação, classificados de acordo com o produto final obtido no processo. Assim, existe a fermentação alcoólica, láctica e acética. Nestes processos, há produção de duas moléculas de ATP como saldo final.

Veja um dos tipos de reação de fermentação:

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2 + \text{energia}$$

A reação mostrada acima é a da **fermentação alcoólica**. Recebe esse nome porque a substância orgânica em que foi desdobrada a glicose é um álcool: o álcool etílico, ou etanol (C_2H_5OH).

Um exemplo de ser vivo que realiza a fermentação alcoólica é o fungo *Saccharomyces cerevisiae*, conhecido como **levedura** ou levedo da cerveja. Além de leveduras, algumas bactérias também realizam fermentação alcoólica.

As leveduras e diversas espécies de bactérias realizam, na presença de oxigênio, a respiração aeróbia, e na ausência ou escassez deste gás, a obtenção de energia ocorre por fermentação. Assim, praticam facultativamente um processo anaeróbio e por isso pertencem ao grupo dos chamados **anaeróbios facultativos**.

Existem, no entanto, alguns micro-organismos que são **anaeróbios estritos**: utilizam apenas processos anaeróbios, morrendo em presença de oxigênio livre. Um exemplo é a espécie *Clostridium tetani*, o bacilo causador do tétano.

Da mesma forma que a respiração aeróbia, a fermentação inicia-se com a glicólise, um processo anaeróbio que ocorre no citosol, como você já sabe. A glicólise consiste na decomposição da glicose, resultando duas moléculas de piruvato e duas de hidrogênio. A energia liberada na glicólise é de 2 ATP (o mesmo valor obtido na glicólise da respiração aeróbia).

No caso da fermentação alcoólica, o piruvato ($C_3H_4O_3$) é transformado em um produto mais simples, com 2 carbonos, liberando gás carbônico, que se desprende para o ambiente. Essa substância com 2 carbonos reage com o hidrogênio liberado durante a glicólise, resultando o etanol ou álcool etílico (C_2H_5OH).

Na **fermentação láctica**, o piruvato reage com o hidrogênio produzido pela glicólise e forma o ácido láctico ($C_3H_6O_3$).

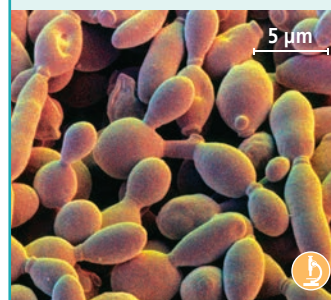
Os processos de fermentação láctica podem ser realizados por bactérias, fungos e até mesmo pelas células da musculatura do corpo dos animais. Neste caso, que inclui a espécie humana, as células da musculatura esquelética, quando submetidas a atividades intensas, realizam fermentação láctica como principal mecanismo de liberação de energia. Isso ocorre porque, na atividade física, há um débito de oxigênio na musculatura. Após alguns minutos, essa predominância da fermentação diminui e a respiração aeróbia passa a ser o principal processo fornecedor de energia para as células musculares.

Na **fermentação acética**, o piruvato forma gás carbônico e ácido acético ($C_2H_4O_2$), que é o principal componente do vinagre.

A catalase está presente nos peroxissomos das células e decompõe a água oxigenada em água e gás oxigênio. Na presença de gás oxigênio, os bacilos do tétano morrem, por serem anaeróbios estritos.

CURIOSIDADE

O termo **levedura** é usado para designar fungos microscópicos, como o *Saccharomyces cerevisiae*. Na fabricação de pães, essa levedura transforma o açúcar da massa em gás carbônico, que faz a massa crescer pela formação de bolhas em seu interior, e em álcool, que evapora durante o cozimento do pão.

5 µm

David Scharf/SPL/Latinstock

Leveduras da espécie ***Saccharomyces cerevisiae***. Além de fermentar a massa na produção de pães, elas transformam o açúcar do malte em cerveja, o açúcar da uva em vinho e da cana em aguardente.

PENSE E RESPONDA

Os bacilos do tétano estão presentes no solo. Pisar em um prego, por exemplo, causa um ferimento que, sem limpeza imediata, pode resultar na doença. A aplicação de água oxigenada na pele, na região do ferimento, pode impedir a ação dos bacilos do tétano, evitando, assim, a doença. A catalase, enzima liberada pelo tecido lesionado, causa a liberação de gás oxigênio na área afetada. Explique como age a catalase e por que o procedimento descrito pode evitar o tétano.

ATIVIDADE PRÁTICA

Como as leveduras obtêm energia?

A levedura *Saccharomyces cerevisiae* é utilizada como fermento na produção de pães. Conhecido como "fermento biológico", pode ser encontrado na forma de tabletes, mantidos sob baixa temperatura, ou como pó, na forma desidratada. No contato com água, as leveduras, que são microscópicas, tornam-se ativas. O procedimento experimental aqui proposto permite verificar o resultado de tal atividade, sob determinadas condições.

Material necessário

ALERTA
A atividade deve ser feita apenas sob a supervisão do professor.

- 1 tablete de fermento biológico (*Saccharomyces cerevisiae*);
- 2 garrafas pequenas de plástico ou vidro (de até 500 mL);
- 2 balões de borracha (bexigas de aniversário);
- água na temperatura ambiente;
- açúcar refinado;
- 1 colher de sopa;
- 1 bastão de vidro;
- 1 funil;
- material para identificar as garrafas: etiquetas e caneta.

Veja uma sugestão complementar no Manual.

Procedimentos

1. Em cada garrafa, coloque água até completar cerca de ¼ de seu volume. Identifique as garrafas como **A** e **B**.
2. Na garrafa **B**, com auxílio do funil, adicione 3 colheres de sopa de açúcar à água e misture bem, para formar uma solução açucarada.
3. Divida um tablete de fermento biológico em quatro e coloque uma das partes dentro da garrafa **A**. Com auxílio do bastão, mexa cuidadosamente até que o tablete se desfaça na solução, como mostrado ao lado.
4. Repita o procedimento 3 para a garrafa **B**, misturando o pedaço de fermento biológico na solução açucarada.
5. Encaixe a boca de cada garrafa na abertura (boca) de um balão de festa, prendendo-o firmemente. Certifique-se de que os balões não contenham ar. Se necessário, vede a abertura com um elástico, para não ocorrer contato entre o interior da garrafa e o ar.
6. Registre o aspecto de cada conjunto garrafa + balão logo após a montagem. Espere cerca de 15 minutos e observe-os novamente, fazendo o registro do observado.

A B

Fotos: Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

Interpretando os resultados

a. Houve alteração no volume dos balões?

a. Espera-se que haja aumento do volume do balão em **B**. Consulte o Manual.

b. Foi possível observar alguma alteração na solução dentro da garrafa?

b. Na garrafa **A**, não são esperadas alterações. Na garrafa **B**, a solução pode borbulhar (liberação de gás).

c. Como você explica os resultados observados?

c. A garrafa **A** serve de controle e indica que as leveduras estão inativas. Na garrafa **B**, há evidências de que está ocorrendo fermentação alcoólica, com liberação de gás carbônico, que fica aprisionado no balão.

d. Por que foi necessário vedar a boca da garrafa com o balão?

d. Para conter o gás liberado e para manter restrita a quantidade de ar dentro da garrafa.

e. O que aconteceria se as leveduras tivessem, além do açúcar, acesso ao ar atmosférico? Justifique sua resposta.

e. As leveduras são anaeróbias facultativas e, na presença de O_2, realizam respiração aeróbia.

Indo além

- Qual resultado você esperaria observar fazendo a montagem de uma garrafa contendo água e açúcar? Justifique sua resposta.

O esperado seria não observar nenhuma alteração, pela ausência de leveduras.

Necessidade de luz

Neste capítulo, foi discutido um procedimento experimental em que se chegou à conclusão de que a planta libera gás oxigênio em presença de luz. Reveja esse teste na página 198 e o analise criticamente.

De fato, o teste mostra uma planta liberando gás oxigênio na presença de luz.

No entanto, o que nos autoriza afirmar que não ocorre a mesma coisa na ausência de luz?

Nada! O procedimento não permite concluir que, sem luz, a planta não libera oxigênio...

Então, o que faltou no procedimento?

Faltou uma montagem, semelhante à que foi feita, mas mantida no escuro durante o intervalo de tempo do experimento.

Teríamos, então, duas montagens: uma no claro e uma no escuro, conforme o esquema ao lado.

Se fizermos as duas montagens, poderemos comparar os resultados e, então, concluir que, de fato, somente a planta exposta à luz realiza a fotossíntese, evidenciada pela liberação de oxigênio. A planta mantida no escuro não libera oxigênio.

Na segunda montagem, foi suprimida uma variável: a luz. Note que essa é a única diferença entre as duas preparações: uma recebe luz e a outra não recebe. Assim, toda diferença entre os dois resultados pode ser atribuída à luz.

Com essa segunda montagem, temos o chamado **controle do experimento**, que é sempre muito importante nas experimentações científicas: realizamos duas montagens semelhantes, eliminando de uma delas a variável que se pretende estudar. O que ocorrer de diferente nas duas preparações pode ser atribuído à variável suprimida.

Luís Moura/Arquivo da editora

Montagem do experimento

Luís Moura/Arquivo da editora

Controle do experimento

Todas as plantas dependem de luz para realizar a fotossíntese?

Neste capítulo, vimos que "a primeira etapa da fotossíntese somente se realiza em presença de luz e clorofila". Por causa disso, alguns autores utilizavam o termo "fase clara" para identificar o conjunto de reações desencadeadas pela ativação da clorofila pela luz. A etapa de formação de glicose a partir de gás carbônico, por não depender diretamente da luz, era chamada "fase escura", termo que pode causar a falsa impressão de que uma parte da fotossíntese ocorre durante o dia claro e outra apenas durante a noite. Muitas plantas realizam fotossíntese apenas durante o dia – não se esqueça de que a respiração celular ocorre continuamente, dia e noite.

No entanto, existem plantas capazes de realizar a etapa de fixação do carbono à noite. É o caso da maioria dos cactos e das plantas suculentas, que ocorrem em ambientes semiáridos. Como tal mecanismo é possível?

As trocas gasosas entre a planta e o ambiente ocorrem por meio de estruturas microscópicas chamadas estômatos. Quando os estômatos se abrem, além da passagem de O_2 e CO_2, há grande perda de água, na forma de vapor. As plantas citadas possuem mecanismos que impedem a abertura dos estômatos durante o dia, em que a temperatura é maior e a umidade do ar é menor. Nessas plantas, os estômatos abrem-se na ausência de luz, ou seja, à noite, quando a perda de água por transpiração é bem menor.

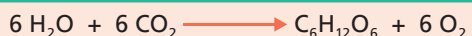
O CO_2 absorvido por essas plantas durante a noite é fixado na forma de uma molécula chamada malato, que vai sendo armazenada pelas células. Durante o dia, sob estímulo da luz solar, ocorre a fotólise da água e a formação de glicose, utilizando-se o carbono armazenado durante a noite sob a forma de malato.

Você deve ter notado que, mesmo nas plantas que abrem os estômatos à noite, a fotossíntese depende da presença de luz e de clorofila; do contrário, o processo não se completa. Assim, podemos responder à pergunta do título: sim, todas as plantas dependem da luz para realizar fotossíntese.

Veja comentários no Manual.

1 Origem do gás oxigênio produzido na fotossíntese

Antigamente, aceitava-se a hipótese de que o gás oxigênio desprendido pelo processo de fotossíntese fosse proveniente do gás carbônico e não da água, como já está demonstrado. Com base na convicção de que seria do gás carbônico, foi proposta a seguinte equação, para representar, de forma sintética, a reação de fotossíntese:

$$6\ H_2O + 6\ CO_2 \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$$

Essa equação está perfeitamente balanceada, aparentemente correta, pois o número de átomos de cada elemento químico é exatamente o mesmo dos dois lados da equação.

Com relação ao oxigênio, são 18 átomos nos reagentes (6 da água e 12 do gás carbônico) e 18 nos resultantes (6 na glicose e 12 no oxigênio).

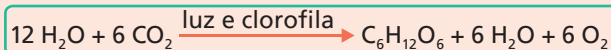
Se o oxigênio desprendido fosse realmente do gás carbônico, a reação estaria correta, pois são liberados 12 átomos de oxigênio (6 O_2) e é exatamente esse número que existe em 6 moléculas de gás carbônico (6 CO_2).

Na década de 1930, tal hipótese foi contestada pelo cientista norte-americano C. B. van Niel. Ele estudou sulfobactérias, que realizam quimiossíntese, liberando enxofre (2 S). Van Niel verificou que a origem do enxofre liberado é a molécula de sulfeto de hidrogênio (H_2S) e postulou que, no caso dos fotossintetizantes, a origem do gás oxigênio seria, de modo semelhante, a molécula de água (H_2O).

Cerca de 20 anos depois, a hipótese de van Niel foi confirmada por meio de um experimento que utilizou um marcador, o isótopo oxigênio-18, para rastrear a origem do O_2 liberado na fotossíntese. Plantas que receberam moléculas de água com oxigênio-18 liberaram O_2 com o marcador. Quando se forneceu às plantas apenas gás carbônico contendo oxigênio-18, e água sem o marcador, houve liberação de O_2, porém sem o isótopo.

Assim, como o oxigênio desprendido é proveniente da água, a equação mostrada anteriormente não pode ser aceita, pois existem somente 6 átomos de oxigênio nas seis moléculas de água (6 H_2O), o que torna impossível o desprendimento de 12 átomos (6 O_2).

Se escrevermos a equação partindo de 12 moléculas de H_2O, e não de 6, teremos:

$$12\ H_2O + 6\ CO_2 \xrightarrow{\text{luz e clorofila}} C_6H_{12}O_6 + 6\ H_2O + 6\ O_2$$

Esta equação é exatamente a reação a que chegamos durante estudo feito neste capítulo. Note uma diferença importante: nesta última equação, a água aparece não somente como um dos reagentes, mas também como um dos produtos.

Outra importante questão a ser lembrada é que a fotossíntese não ocorre em apenas uma reação química. É um processo complexo, com várias etapas e reações químicas, mas o que se costuma representar é uma equação geral com os reagentes iniciais e os produtos finais.

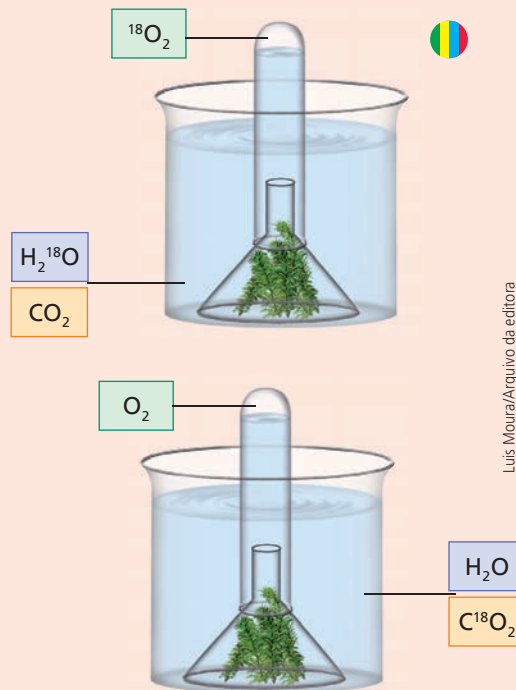
$^{18}O_2$

$H_2{}^{18}O$

CO_2

O_2

H_2O

$C^{18}O_2$

Luis Moura/Arquivo da editora

Representação esquemática de experimento utilizando isótopo ^{18}O.

DEPOIS DA LEITURA...

a) Molécula de água, que sofre fotólise.

a. Qual é a origem do gás oxigênio liberado pela planta?

b) Resposta pessoal.

b. Represente esquematicamente o experimento que comprovou a hipótese de van Niel.

A restrição sobre ter plantas dentro de casa é para o caso de a pessoa apresentar algum tipo de alergia ao pólen ou a alguma substância exalada pela planta, como o perfume de suas flores.

2 Podemos dormir com uma planta no quarto?

Muitas pessoas costumam dizer que não.

Essa convicção, tão difundida popularmente, deriva do fato de que a planta, durante a noite, somente respira, não fazendo fotossíntese por não receber luz. Assim, ela para de desprender oxigênio, mas continua liberando gás carbônico. E esse gás carbônico poderia se acumular no quarto, prejudicando a saúde.

No entanto, aceita-se como natural que, em vez de uma planta, uma segunda pessoa durma no quarto, liberando pela respiração uma quantidade muitíssimo maior de gás carbônico do que a quantidade liberada pela planta.

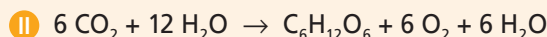
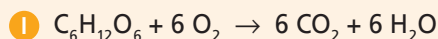
É evidente que nunca se deve confinar pessoas em ambientes pequenos e malventilados, pois nessas condições a saúde pode ser comprometida.

DEPOIS DA LEITURA...

Escolha a alternativa correta e justifique em seu caderno.

(UFRS) As duas reações químicas representadas abaixo ocorrem nas folhas das plantas.

I $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O$

II $6\ CO_2 + 12\ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 6\ H_2O$

Sobre essas reações é correto afirmar que:

a. ambas só ocorrem quando a planta está no escuro.

b. ambas só ocorrem quando a planta está iluminada.

c. ambas ocorrem tanto no claro quanto no escuro.

d. I só ocorre quando a planta está iluminada e II ocorre tanto no claro quanto no escuro.

e. II só ocorre quando a planta está iluminada e I ocorre tanto no claro quanto no escuro.

Alternativa e: a respiração (reação I) ocorre continuamente e a fotossíntese (reação II) ocorre quando a planta está iluminada.

Corel/Arquivo da editora

3 A câibra

A câibra é uma contração involuntária, forte e dolorida, dos músculos, e ocorre muito em atletas. Está relacionada com um descontrole nos mecanismos que regulam a contração da musculatura esquelética (aquela associada com o sistema locomotor). Um desses mecanismos consiste na liberação de potássio no interior das células musculares. A deficiência de potássio na alimentação pode causar câibras, mesmo em situações de repouso.

Existem câibras relacionadas ao exercício físico intenso. As células, inclusive as musculares, exigem oxigênio para suas atividades. No entanto, devido ao esforço excessivo, pode faltar oxigênio para as células musculares e elas passam a desdobrar glicose em ácido láctico, anaerobiamente, isto é, sem utilização de oxigênio: ocorre, portanto, fermentação láctica.

O ácido láctico formado acumula-se nos músculos e é um dos fatores que desencadeia a fadiga muscular, podendo chegar a provocar câibras.

DEPOIS DA LEITURA...

Uma célula muscular humana, na presença de oxigênio, consegue produzir cerca de 36 moléculas de ATP por molécula de glicose degradada, já descontado o ATP necessário para a ativação do processo de respiração. Como você já aprendeu, na ausência de oxigênio nossas células musculares realizam fermentação láctica, que gera um "lucro" energético para a célula de cerca de 2 ATPs por molécula de glicose. Explique:

a. Qual seria a "vantagem" para o nosso organismo de possuir células anaeróbias facultativas? Em que tipo de situação ocorre fermentação láctica no corpo humano?

b. Qual seria a "desvantagem" da realização de fermentação pelas células musculares se este fosse o único processo realizado por essas células?

a) Produção de energia mesmo na ausência de gás oxigênio. A fermentação láctica ocorre em células musculares estriadas esqueléticas, após esforço muscular intenso.
b) Acúmulo de ácido láctico, que está relacionado com a fadiga muscular.
Veja subsídios no Manual.

FAÇA NO CADERNO. NÃO ESCREVA EM SEU LIVRO.

ATIVIDADES

Revendo e aplicando conceitos

1. Leia abaixo o trecho de uma notícia publicada em um *site*:

Gramado do Engenhão é revitalizado e recebe máquinas de luz na quarta

Por André Casado, Rio de Janeiro.
06/08/2012

Serão dez dias sem jogos no Engenhão até que Botafogo e Palmeiras entrem em campo pela 15ª rodada do Campeonato Brasileiro, nesta quarta-feira. A diretoria alvinegra solicitou o adiamento da partida entre Flamengo e Atlético-MG, no último sábado, e abriu espaço para que funcionários trabalhassem na revitalização do gramado. [...]

Para melhorar a situação, um esperado equipamento está sendo aprontado para "estrear". São seis imensas máquinas que produzem luz artificial e já são exploradas em grandes arenas pelo mundo, com o objetivo de acelerar o crescimento da grama. [...]

Fonte: <http://globoesporte.globo.com/futebol/brasileirao-serie-a/noticia/2012/08/gramado-do-engenhao-e-revitalizado-e-recebe-maquinas-de-luz-na-quarta.html>. Acesso em: 14 jan. 2016.

Jorge William/Agência O Globo

Responda:

a. Qual processo de metabolismo energético será estimulado, no gramado, pela iluminação artificial?
1. a) Fotossíntese.

b. De onde uma planta terrestre obtém os reagentes desse processo? 1. b) Água do solo e gás carbônico do ar.

c. Quais são os destinos da glicose e do gás oxigênio, resultantes do processo? 1. c) Glicose: polimerizada e armazenada sob a forma de polissacarídeos; gás oxigênio: liberado para o ambiente.

d. É comum encontrarmos como equação geral da fotossíntese a seguinte representação:
1. d) A equação supõe oxigênio desprendido do gás carbônico, o que não é correto, pois ele se desprende da água.

$$6\,H_2O + 6\,CO_2 \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$$

Explique por que a equação acima não é a mais adequada para representar o processo de fotossíntese.
1. e) Pela respiração celular aeróbia.

e. Escreva uma continuação para a reportagem, contando aos leitores como as plantas do gramado obtêm energia para seu crescimento.

2. Existem bactérias autotróficas que realizam fotossíntese e outras que realizam quimiossíntese. Faça uma revisão dos conceitos já aprendidos e destaque uma semelhança e uma diferença entre fotossíntese e quimiossíntese. 2. Semelhança: produção de matéria orgânica; diferença: a fotossíntese exige luz, e a quimiossíntese não.

3. Fase clara: presença de luz, em que ocorre fotólise da água; fase escura: síntese de glicose, em que não há exigência de luz.

3. As duas etapas da fotossíntese – fotólise da água e a formação da matéria orgânica – foram por muito tempo chamadas, respectivamente, "fase clara" e "fase escura". Até hoje, esses termos são utilizados. Analise criticamente a utilização dos termos "fase clara" e "fase escura" para o processo de fotossíntese.

4. A respeito da função da molécula de ATP, comumente é utilizada uma analogia chamada "moeda energética" da célula. Explique qual é a função da ATP nas células e o que acontece com essas moléculas após serem utilizadas no metabolismo celular.

4. A molécula de ATP armazena energia em suas ligações químicas. Há um ciclo de formação de ATP a partir de ADP.

5. Relacione a glicólise da respiração aeróbia com a fermentação, indicando o que acontece com o produto das reações em cada um desses dois processos.

5. Na fermentação, o ácido pirúvico produzido é transformado em outro produto. Na respiração aeróbia, o ácido pirúvico entra na mitocôndria e participa do ciclo de Krebs.

6. Responda às questões abaixo, relacionando-as com a respiração aeróbia. 6. a) As células e, dentro delas, as mitocôndrias, onde o oxigênio participa da cadeia respiratória.

a. Qual é o destino do gás oxigênio que inalamos do ar?

b. De onde vem o gás carbônico que eliminamos na expiração? 6. b) Das moléculas de glicose.

7. Observe esta equação: 7. Fermentação, pois não há reação com gás oxigênio ou com substância contendo oxigênio.

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2 + \text{energia}$$

Ela representa uma reação de respiração aeróbia, de respiração anaeróbia ou de fermentação? Justifique sua resposta.

8. a) O gráfico mostra que os pigmentos da planta não absorvem o verde, que é refletido e, assim, detectado pela visão humana.

Trabalhando com gráficos

8. O gráfico a seguir mostra o espectro de absorção da luz pelos pigmentos envolvidos na fotossíntese: clorofila **a**, clorofila **b** e carotenoides. Os diferentes comprimentos de onda correspondem às cores do espectro luminoso, que você pode ver na barra colorida abaixo do gráfico. A radiação que não é absorvida é refletida de volta para o ambiente.

Espectro de absorção de luz pelos pigmentos fotossintetizantes das plantas

Taxa de absorção da luz pelos pigmentos fotossintéticos

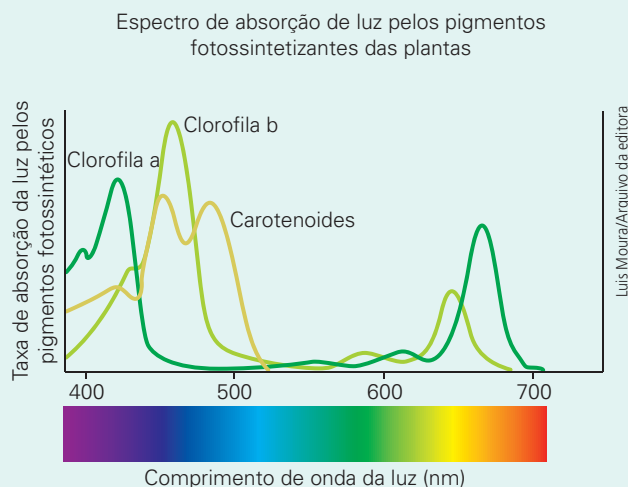
Clorofila a

Clorofila b

Carotenoides

400 500 600 700

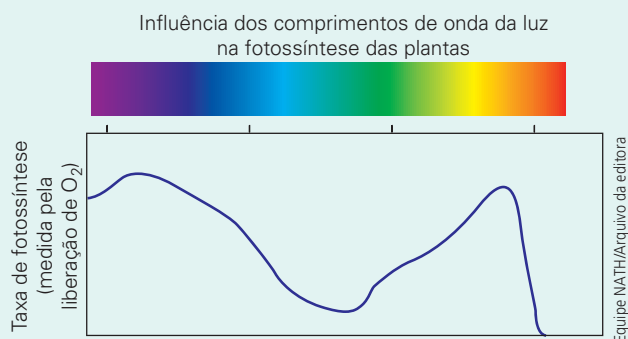
Comprimento de onda da luz (nm)

Luis Moura/Arquivo da editora

a. Analisando o gráfico e as informações dadas, responda: por que enxergamos a cor da maioria das folhas como sendo verde?

b. Compare o gráfico acima com a curva mostrada a seguir, que indica como varia a taxa de fotossíntese de acordo com a faixa do espectro luminoso que é exposto à planta.

Influência dos comprimentos de onda da luz na fotossíntese das plantas

Taxa de fotossíntese (medida pela liberação de O_2)

Equipe NATH/Arquivo da editora

9. Um grupo de plantas da mesma espécie foi cultivado em uma estufa, sob condições idênticas de solo e disponibilidade de água. Foram alteradas a intensidade luminosa, a temperatura e a concentração de gás carbônico. O resultado é mostrado no gráfico a seguir, em que ppm é uma unidade de medida de concentração que significa “partes por milhão”.

9. a) Grande concentração de CO_2 e maior temperatura (1 300 ppm, 30 °C); baixa concentração de CO_2 e baixa temperatura (300 ppm, 20 °C).

9. b) A taxa fotossintética aumentou com a temperatura, a luminosidade e a concentração de CO_2, até um determinado limite.

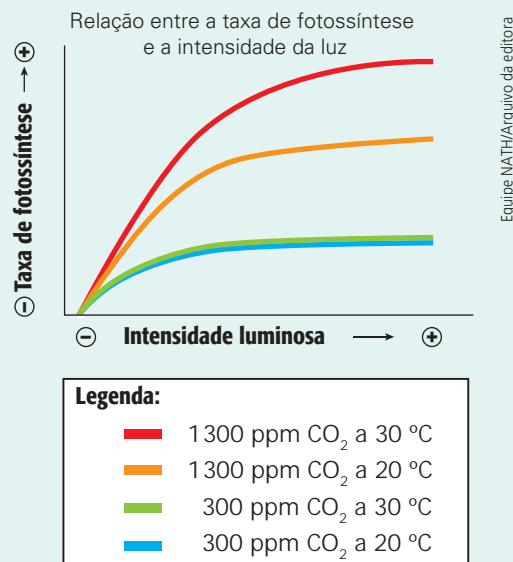
8. b) A comparação evidencia que se uma planta recebe apenas comprimentos de onda do verde, não ocorre a fotossíntese.

Relação entre a taxa de fotossíntese e a intensidade da luz

⊖ Taxa de fotossíntese ⟶ ⊕

⊖ Intensidade luminosa ⟶ ⊕

Equipe NATH/Arquivo da editora

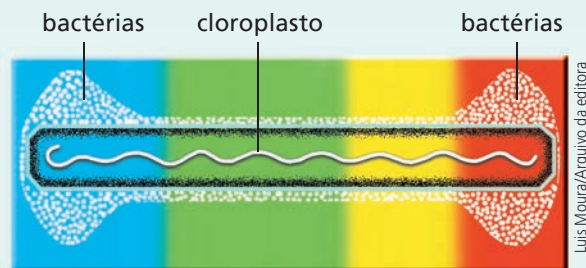
Legenda:
- 1300 ppm CO_2 a 30 ºC
- 1300 ppm CO_2 a 20 ºC
- 300 ppm CO_2 a 30 ºC
- 300 ppm CO_2 a 20 ºC

a. Sob quais condições essas plantas realizaram fotossíntese mais intensamente? E com menor intensidade?

b. Como cada um dos fatores – luz, temperatura e concentração de CO_2 – afetou a fotossíntese das plantas dessa espécie?

Questões do Enem e de vestibulares

10. (UFRJ) Com o objetivo de estudar a luz na fotossíntese, foi realizada a seguinte experiência: Em um pequeno aquário foi colocada uma única célula da alga verde *Spirogyra*; essa célula tem um longo cloroplasto, em forma de fita espiralada, que ocupa todo seu comprimento; moléculas de clorofila estão aderidas sobre a membrana do cloroplasto. Dentro do aquário foram colocadas, também, bactérias móveis que são atraídas para áreas onde exista oxigênio em abundância. O aquário foi, então, iluminado por um feixe de luz branca que passava por um prisma antes de chegar à célula da *Spirogyra*; a luz branca, ao passar pelo prisma, decompõe-se nas cores básicas, de modo que cada região da célula foi iluminada por uma cor diferente, como mostra a figura a seguir:

bactérias cloroplasto bactérias

Luis Moura/Arquivo da editora

10. a) São as áreas iluminadas pelas cores mais aproveitadas pela clorofila para a fotossíntese.

10. b) As bactérias se distribuiriam igualmente em torno da célula da alga, pois as condições para a fotossíntese seriam iguais ao longo da célula.

a. Explique por que as bactérias se acumulam nas áreas indicadas na figura.

b. Se a *Spirogyra* fosse iluminada diretamente por um feixe de luz branca, o que aconteceria com a distribuição das bactérias? Justifique sua resposta.

11. (Enem-2007) Ao beber uma solução de glicose ($C_6H_{12}O_6$), um corta-cana ingere uma substância:

11. a **a.** que, ao ser degradada pelo organismo, produz energia que pode ser usada para movimentar o corpo.

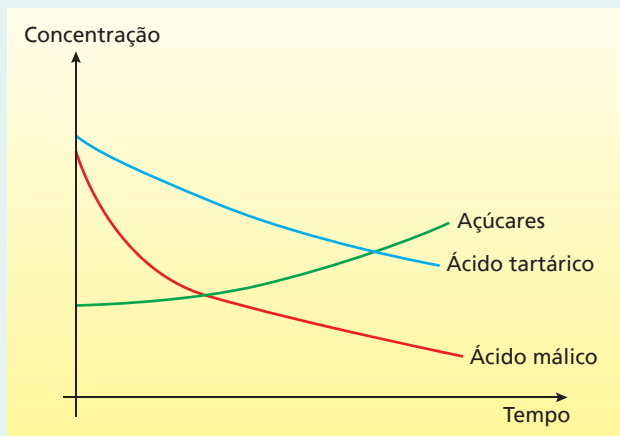
b. inflamável que, queimada pelo organismo, produz água para manter a hidratação das células.

c. que eleva a taxa de açúcar no sangue e é armazenada na célula, o que restabelece o teor de oxigênio no organismo.

d. insolúvel em água, o que aumenta a retenção de líquidos pelo organismo.

e. de sabor adocicado que, utilizada na respiração celular, fornece CO_2 para manter estável a taxa de carbono na atmosfera.

12. (Enem-2006) As características dos vinhos dependem do grau de maturação das uvas nas parreiras, porque as concentrações de diversas substâncias da composição das uvas variam à medida que as uvas vão amadurecendo. O gráfico a seguir mostra a variação da concentração de três substâncias presentes em uvas, em função do tempo.

Equipe NATH/Arquivo da editora

O teor alcoólico do vinho deve-se à fermentação dos açúcares do suco da uva. Por sua vez, a acidez do vinho produzido é proporcional à concentração dos ácidos tartárico e málico. Considerando-se as diferentes características desejadas, as uvas podem ser colhidas:

a. mais cedo, para a obtenção de vinhos menos ácidos e menos alcoólicos.

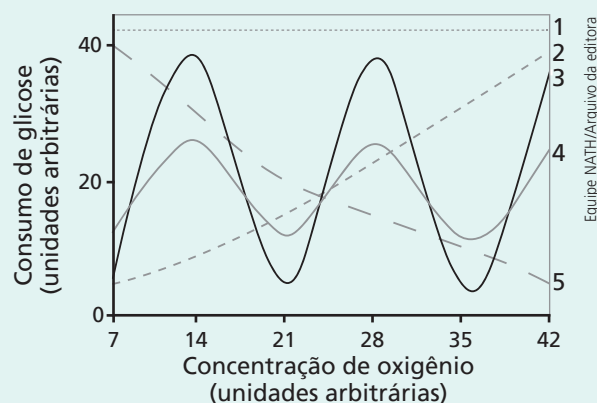
b. mais cedo, para a obtenção de vinhos mais ácidos e mais alcoólicos.

c. mais tarde, para a obtenção de vinhos mais alcoólicos e menos ácidos. 12. c

d. mais cedo e ser fermentadas por mais tempo, para a obtenção de vinhos mais alcoólicos.

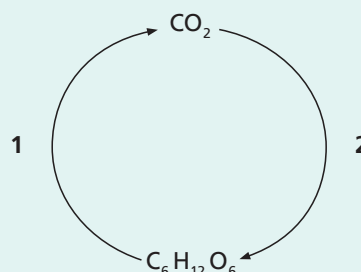
e. mais tarde e ser fermentadas por menos tempo, para a obtenção de vinhos menos alcoólicos.

13. (Enem-2015) Normalmente, as células do organismo humano realizam a respiração aeróbica, na qual o consumo de uma molécula de glicose gera 38 moléculas de ATP. Contudo em condições anaeróbicas, o consumo de uma molécula de glicose pelas células é capaz de gerar apenas duas moléculas de ATP.

Equipe NATH/Arquivo da editora

Qual curva representa o perfil de consumo de glicose, para manutenção da homeostase de uma célula que inicialmente está em uma condição anaeróbica e é submetida a um aumento gradual de concentração de oxigênio?

a. 1 **c.** 3 **e.** 5

b. 2 **d.** 4 13. e.

14. (Enem-2015) No esquema representado, o processo identificado pelo número 2 é realizado por:

a. seres herbívoros.

b. fungos fermentadores.

c. bactérias heterótrofas.

d. organismos produtores. 14. d.

e. micro-organismos decompositores.

capítulo 10

Núcleo e divisão celular

COMENTÁRIOS GERAIS

1 Núcleo: noções gerais

Você já sabe que as células eucarióticas possuem **núcleo** individualizado. Nessas células, o controle de suas atividades, como comandar a síntese de proteínas e a divisão celular, é realizado por material existente no núcleo.

Muitas das células eucarióticas possuem um único núcleo, geralmente arredondado e localizado na região mais central da célula. O núcleo pode, entretanto, não ser central nem arredondado.

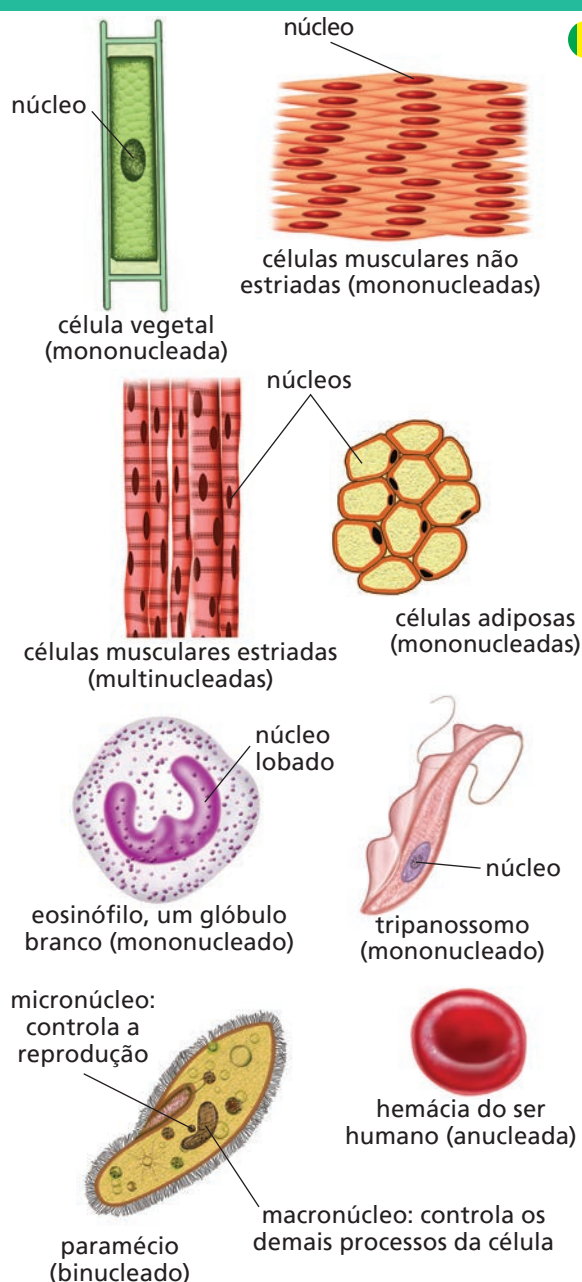
Em relação à quantidade de núcleos, existem células:

- **mononucleadas** – com apenas um núcleo;
- **binucleadas** – com dois núcleos;
- **multinucleadas** – com muitos núcleos;
- **anucleadas** – sem núcleo.

A ilustração ao lado mostra algumas células eucarióticas. Observe a representação do núcleo em cada uma delas, antes de prosseguir a leitura.

Exemplos de células eucarióticas

Luis Moura/Arquivo da editora

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

As ilustrações foram feitas com base na aparência das células ao microscópio óptico.

CURIOSIDADE

As **hemácias** humanas, como as dos outros mamíferos em geral, embora possuam núcleo quando são produzidas, são anucleadas (sem núcleo) quando adultas. Embora os camelos e os dromedários sejam mamíferos, suas hemácias mantêm o núcleo mesmo quando maduras.

Nos outros vertebrados as hemácias nunca perdem o núcleo, mesmo quando adultas. Células anucleadas não têm capacidade de divisão e possuem curta duração, pois é o núcleo que coordena a divisão e o metabolismo celular.

Hemácias humanas (cerca de 7 µm de diâmetro). Quando liberadas para o sangue, essas células são bicôncavas e anucleadas.

Dennis Kunkel/Phototake/Glow Images

As hemácias do ser humano são ativas por cerca de 120 dias, desde a sua liberação a partir da medula óssea vermelha. Ao final desse período, elas são recolhidas ao passar pelo baço e pelo fígado.

2 Estrutura do núcleo

Núcleo

membrana externa
membrana interna
carioteca
espaço perinuclear
poros
nucléolo
cromatina
retículo endoplasmático granuloso (organela citoplasmática)

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Esquema representando o **núcleo**, em corte, e parte do retículo endoplasmático granuloso, que fica no citoplasma.

Veja no esquema ao lado a organização geral de um núcleo em uma célula animal.

A célula está em constante atividade, o que inclui a sua divisão, originando novas células.

Durante a divisão celular, o núcleo passa por intensas modificações, perdendo a individualidade logo no início do processo e se reorganizando no final da divisão.

Quando a célula não está em divisão, dizemos que ela está em **interfase**. Nessa fase, o núcleo apresenta sua estrutura organizada e em condições de ser estudada. Falamos, então, em núcleo **interfásico**, formado por carioteca, nucleoplasma, nucléolo e cromatina.

2.1 Carioteca

O termo *teca* é muito usado em Biologia no sentido de casca, envoltório, receptáculo e outras acepções semelhantes. Aqui, o que melhor se aplica é o de envoltório. Como *cario* significa núcleo, *carioteca* significa envoltório do núcleo, ou envelope nuclear.

A **carioteca** ou envelope nuclear é uma membrana dupla, com uma parte interna e outra externa, separadas pelo espaço perinuclear. Apesar de separar o material nuclear do citoplasma, apresenta diversos poros, que permitem a passagem controlada de certas moléculas entre núcleo e citoplasma.

Quanto à composição, tanto a membrana externa quanto a interna são lipoproteicas, semelhantes, portanto, à membrana plasmática e à que forma as organelas membranosas do citoplasma. Existe uma continuação morfológica entre a carioteca e o retículo endoplasmático granuloso.

Veja referência no Manual.

CURIOSIDADE

Existe uma organela membranosa dentro do núcleo de células de mamíferos, chamada **retículo nucleoplasmático** (RN). Verificou-se que o RN está fisicamente ligado ao retículo endoplasmático granuloso e à carioteca, e sua função é o armazenamento, dentro do núcleo, de cálcio, íon essencial na regulação de diversos processos do metabolismo celular.

2.2 Nucleoplasma e nucléolo

O **nucleoplasma** é toda a massa fluida limitada pela membrana interna da carioteca e onde se situam o nucléolo e a cromatina. O nucleoplasma é também identificado por carioplasma ou cariolinfa, por alguns autores.

O **nucléolo** é uma formação corpuscular densa mergulhada no nucleoplasma, constituída principalmente por DNA, proteínas e um tipo especial de RNA chamado RNA ribossômico (escreve-se RNAr). Não possui membrana envolvente e, ao microscópio, pode ser observado com relativa facilidade no núcleo interfásico, pois é uma estrutura que se cora mais intensamente do que as outras, quando a célula é tratada com determinados corantes.

Um núcleo pode conter mais do que um nucléolo, mas logo no início da divisão celular eles desaparecem.

‹2.3› Cromatina

Para observar o núcleo de uma célula ao microscópio óptico, utilizam-se corantes básicos que têm afinidade com os ácidos nucleicos.

Na interfase, ou seja, quando a célula não está se dividindo, cada molécula de DNA presente no núcleo está com a forma de um longo filamento, muito fino, formado pela dupla-hélice associada, em vários pontos, com proteínas histonas. Na observação ao microscópio, verifica-se que o interior do núcleo é praticamente todo preenchido por uma mancha fracamente corada. Nessa fase e com esse aspecto, o DNA associado com proteínas histonas é chamado **cromatina**.

É possível observar que a cromatina apresenta alguns pontos mais corados chamados **heterocromatina**. O motivo da melhor fixação do corante e da visualização da heterocromatina é que, nesses pontos, o DNA está condensado, ou seja, enrolado sobre si mesmo. O restante do DNA não está condensado e é chamado **eucromatina**.

SPL/Latinstock

Célula do sistema imunitário do ser humano, em que é possível ver o núcleo interfásico e, em seu interior, as regiões de **heterocromatina e eucromatina**. A célula mede cerca de 20 µm de diâmetro.

No decurso da divisão celular, esses filamentos condensam-se muito, ficando mais curtos e mais espessos, podendo ser visualizados e estudados mais facilmente ao microscópio: são os **cromossomos**.

Cromossomo e DNA

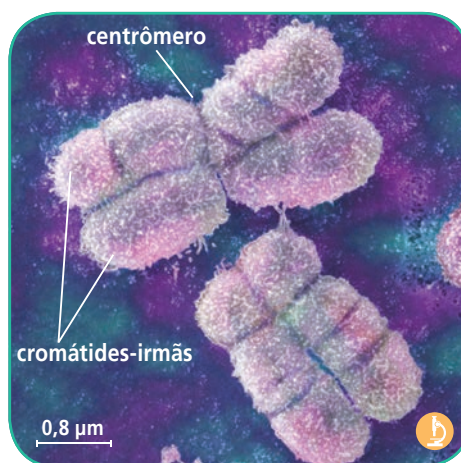
Luis Moura/Arquivo da editora

Esquema ilustrando a estrutura de um **cromossomo**, representado em sua forma condensada e duplicada.

REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DE BIOLOGIA

3 Divisão celular

Durante a divisão celular ocorrem profundas modificações na célula, incluindo o desaparecimento da carioteca logo no início do processo, o que possibilita a distribuição do material nuclear por todo o citoplasma.

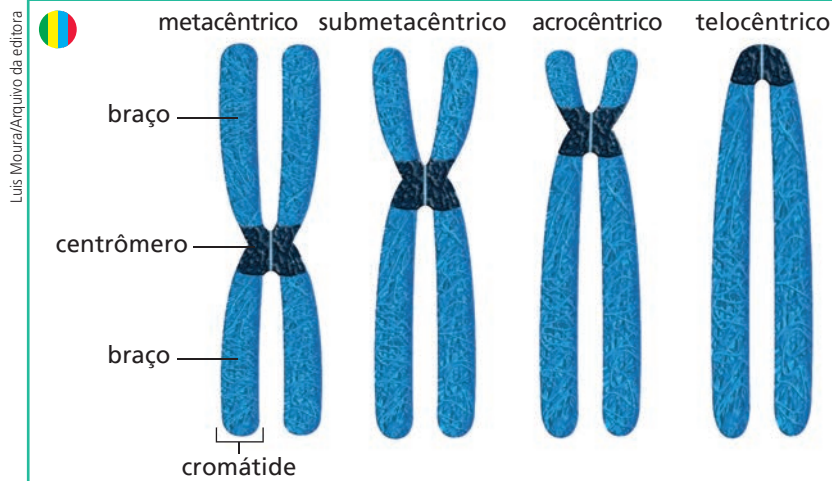
Antes de a célula entrar em divisão, há duplicação do DNA na interfase. De cada filamento de DNA, forma-se uma cópia e ambos ficam unidos por apenas uma pequena região especial, o **centrômero**. Nessa situação, em que os dois filamentos estão unidos pela região centromérica, cada um deles recebe o nome de **cromátide-irmã**. Um cromossomo duplicado é formado, portanto, por duas cromátides-irmãs.

Power and Syred/SPL/Latinstock

Dois **cromossomos** de célula humana, obtidos durante uma das etapas da divisão celular.

Dependendo da localização do centrômero, podemos identificar quatro tipos de cromossomos: **metacêntrico**, **submetacêntrico**, **acrocêntrico** e **telocêntrico**, como mostra o esquema a seguir. No metacêntrico, no submetacêntrico e no acrocêntrico o centrômero divide cada cromátide em dois braços. No telocêntrico, o centrômero é terminal, isto é, situa-se próximo a uma das extremidades. Na espécie humana, os cromossomos são de três tipos: metacêntricos, submetacêntricos e acrocêntricos.

Esquema mostrando os **tipos de cromossomo**, de acordo com a posição do centrômero. Os cromossomos estão duplicados, isto é, cada um com duas cromátides.

Tipos de cromossomo

Luis Moura/Arquivo da editora

O estudo dos cromossomos é de grande importância, especialmente porque eles abrigam as unidades responsáveis pela transmissão das características hereditárias: os **genes**.

Os genes distribuem-se ao longo de toda a molécula de DNA, sendo que cada gene ocupa um determinado lugar, denominado **loco gênico**.

As células que formam o corpo de um indivíduo são chamadas **células somáticas** (*soma* = corpo). O número de cromossomos é sempre idêntico nas células somáticas dos indivíduos de uma mesma espécie. Na espécie humana, por exemplo, esse número é igual a 46.

ATENÇÃO

O estudo dos genes, sua transmissão e expressão, será aprofundado no volume 3 desta coleção.

Nas células somáticas humanas, há 23 tipos diferentes de cromossomos, o que significa que existem dois de cada tipo. Os cromossomos idênticos, ou seja, que possuem os mesmos locos gênicos, são chamados **homólogos**.

Entre os 23 pares de cromossomos presentes nas células humanas, há um par que é responsável pela determinação do sexo. Na mulher, o par responsável pelo sexo é formado por dois cromossomos **X** e no homem é formado por um cromossomo **X** e um **Y**. Os cromossomos **X** e **Y** são chamados **cromossomos sexuais**, sendo os demais chamados **autossomos**, pois não estão relacionados com a determinação do sexo.

No corpo dos animais, as células produzidas pelo organismo e que se destinam à reprodução sexuada são denominadas **gametas**. O gameta masculino é o **espermatozoide** e o gameta feminino é o **óvulo**.

Os gametas apresentam metade do número de cromossomos da célula somática. Eles apresentam apenas um dos cromossomos de cada par de homólogos. Na espécie humana, cada gameta possui 23 cromossomos. No óvulo, há 22 autossomos e um cromossomo **X**; no espermatozoide há 22 autossomos e um dos cromossomos sexuais, que tanto pode ser o **X** quanto o **Y**.

ATENÇÃO

Loco
A palavra "loco" tem origem na expressão latina *locus* e significa lugar ou local. Quando se usa no singular uma forma latina, deve-se usar também o plural na forma latina. É o caso de *locus* (singular) e *loci* (plural). Neste livro, optamos pela tendência mais atual, que é a de utilizar o termo na sua forma aportuguesada: loco (singular) e locos (plural).

Dennis Kunkel / Phototake

Espermatozoide e **óvulo do ser humano**. O espermatozoide tem cerca de 65 µm de comprimento.

Assim, o número de espermatozoides portadores do cromossomo **X** é igual ao número destes com cromossomo **Y**.

As células que possuem cromossomos organizados em pares são chamadas **diploides** e representadas por **2n**; as que não possuem pares de cromossomos homólogos são **haploides** e representadas por **n**.

Como regra geral, as células somáticas dos eucariontes são diploides e os gametas são haploides.

Como os gametas são haploides, quando eles se unem pela fecundação forma-se uma célula diploide chamada **célula-ovo** ou **zigoto**, restabelecendo o número de cromossomos típico das células somáticas da espécie. É a partir do zigoto, portanto, que surgem todas as outras células que formarão o organismo inteiro do indivíduo. E todas terão cromossomos idênticos aos do zigoto.

O mesmo ocorre com as células que se formam durante o crescimento do indivíduo e também com as que se formam no processo natural de repor perdas.

Todas essas divisões, por meio das quais o organismo cresce e repõe suas perdas, são feitas por um tipo de divisão celular que tem o nome de **mitose**.

Mitose é, portanto, um tipo de divisão celular em que as novas células formadas possuem o mesmo número de cromossomos que a célula que lhes deu origem. Na mitose, uma célula inicial se divide, originando duas células com o mesmo número de cromossomos da célula inicial. A mitose pode ocorrer em célula diploide ou em célula haploide.

Vamos tomar como exemplo o que acontece na espécie humana, cujas células somáticas são diploides. Cada célula somática possui 46 cromossomos e, ao se dividir por mitose, uma célula originará duas, cada uma com 46 cromossomos.

Enquanto na mitose o número de cromossomos se mantém constante, há outro tipo de divisão celular, chamado **meiose**, em que uma célula diploide dá origem a quatro células haploides. A meiose ocorre por duas divisões celulares sucessivas e é o tipo de divisão que ocorre na formação dos gametas. Estudaremos a meiose mais adiante, neste capítulo.

RECORDE-SE

Cromossomos nas mulheres

23 pares de cromossomos homólogos, sendo 22 pares de autossomos e um par (**XX**) de cromossomos sexuais (escreve-se **46, XX**).

Cromossomos nos homens

23 pares de cromossomos homólogos, sendo 22 pares de autossomos e um par (**XY**) de cromossomos sexuais (escreve-se **46, XY**).

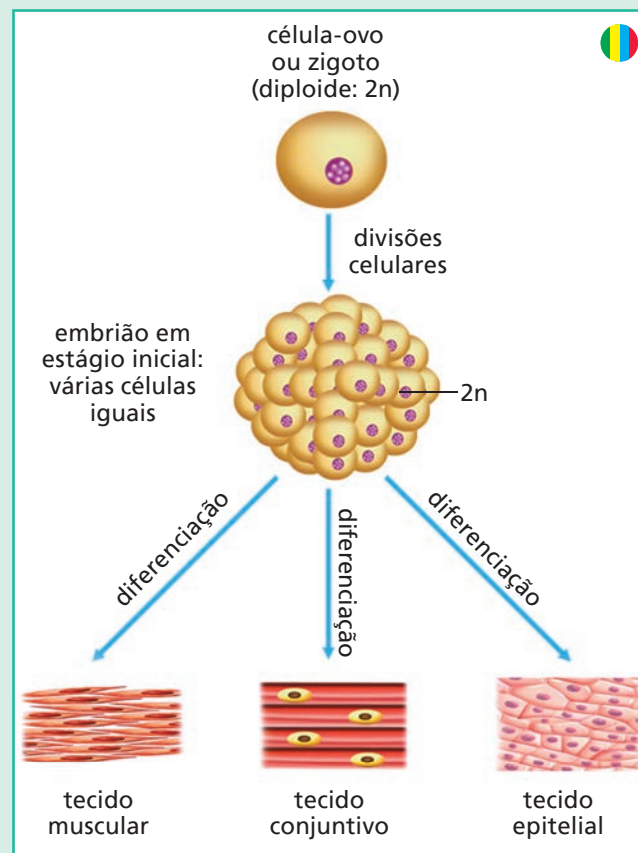
Diferenciação celular

Embora as células embrionárias tenham um conjunto idêntico de cromossomos, à medida que o organismo se desenvolve elas vão se diferenciando em grupos distintos de células. É assim que surgem os diferentes tipos celulares.

Como é possível células com patrimônios genéticos idênticos se tornarem distintas em suas formas e funções? Isso é possível, porque, apesar de todas elas possuírem o mesmo conjunto de cromossomos e, portanto, de genes, alguns genes se tornam ativos em um tipo celular, e inativos em outros. A produção de melanina, por exemplo, é comandada por genes que estão ativos em células da pele chamadas melanócitos; esses genes estão presentes em todas as outras células do indivíduo, porém no estado inativo.

célula-ovo ou zigoto (diploide: 2n)
divisões celulares
embrião em estágio inicial: várias células iguais
2n
diferenciação
diferenciação
diferenciação
tecido muscular
tecido conjuntivo
tecido epitelial

Luis Moura/Arquivo da editora

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Esquema ilustrando a **diferenciação** das células do embrião de um animal.

4 Ciclo celular: interfase e mitose

O **ciclo celular** e suas principais etapas. O comprimento das setas indica a duração relativa de cada fase do ciclo para um determinado tipo celular.

Equipe NATH/Arquivo da editora

A alternância da interfase com a mitose é chamada **ciclo celular**. A interfase pode ser dividida em três períodos: **G1**, **S** e **G2**. Veja no esquema ao lado as etapas do ciclo celular.

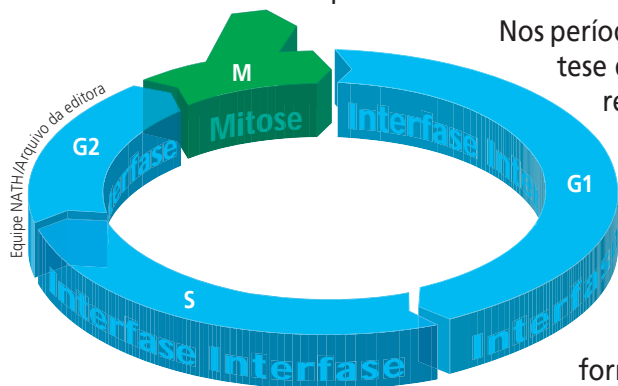
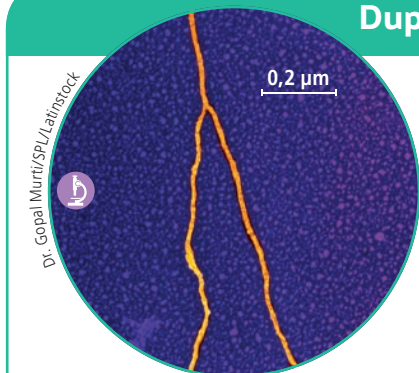
Nos períodos G1 e G2, a célula apresenta intenso metabolismo e síntese de materiais. Entre esses dois momentos, na fase S, ocorre a duplicação do material genético (S = síntese de DNA).

É possível diferenciar uma célula em G1 e em G2 pela quantidade de moléculas de DNA, ou de cromossomos, em seu núcleo: em G2, o material genético já está duplicado.

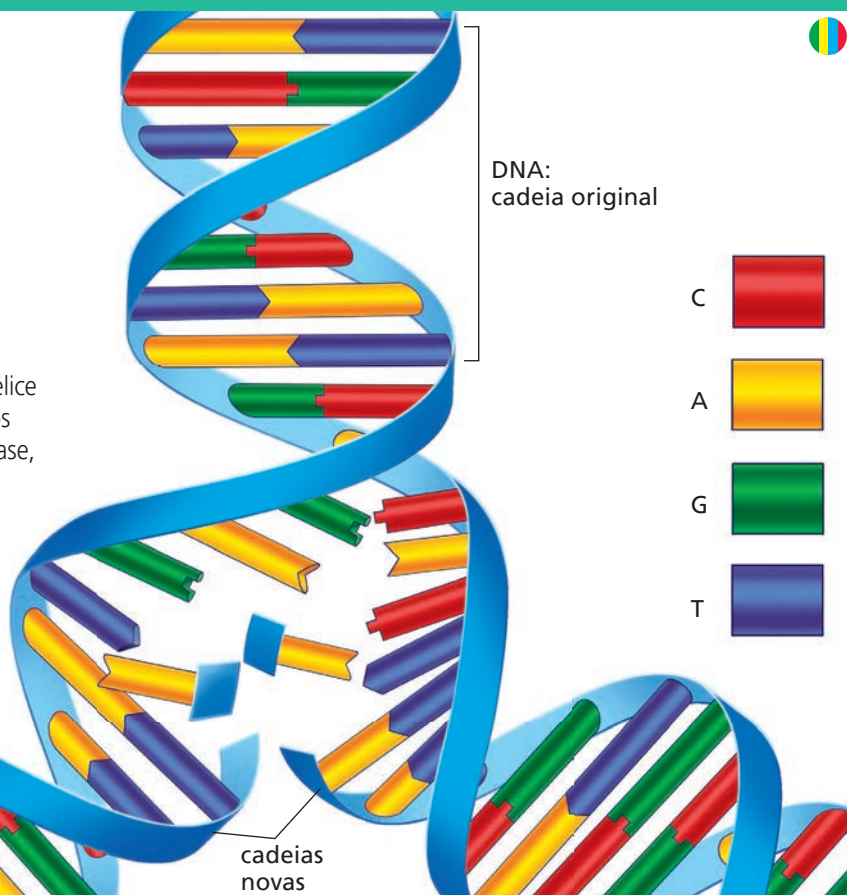
Após a fase G2, pode ter início a divisão celular chamada mitose.

Como vimos no capítulo 1, cada molécula de DNA é formada por dois filamentos organizados em dupla-hélice, compostos por nucleotídeos, cujas bases nitrogenadas são complementares: adenina (A) com timina (T) e citosina (C) com guanina (G). Na fase S, no momento da duplicação, enzimas do núcleo celular chamadas **helicases** abrem a dupla-hélice, isto é, separam as duas cadeias de nucleotídeos em determinado ponto. As cadeias originais servem de molde para a composição das duas novas fitas de DNA: nucleotídeos livres no nucleoplasma ligam-se aos nucleotídeos das

Duplicação semiconservativa do DNA

Dr. Gopal Murti/SPL/Latinstock

Molécula de **DNA em processo de duplicação**: o filamento em dupla-hélice original é separado em dois filamentos simples. Dessa etapa participa a helicase, entre outras enzimas.

Esquema ilustrando de modo simplificado a **duplicação semiconservativa do DNA**.

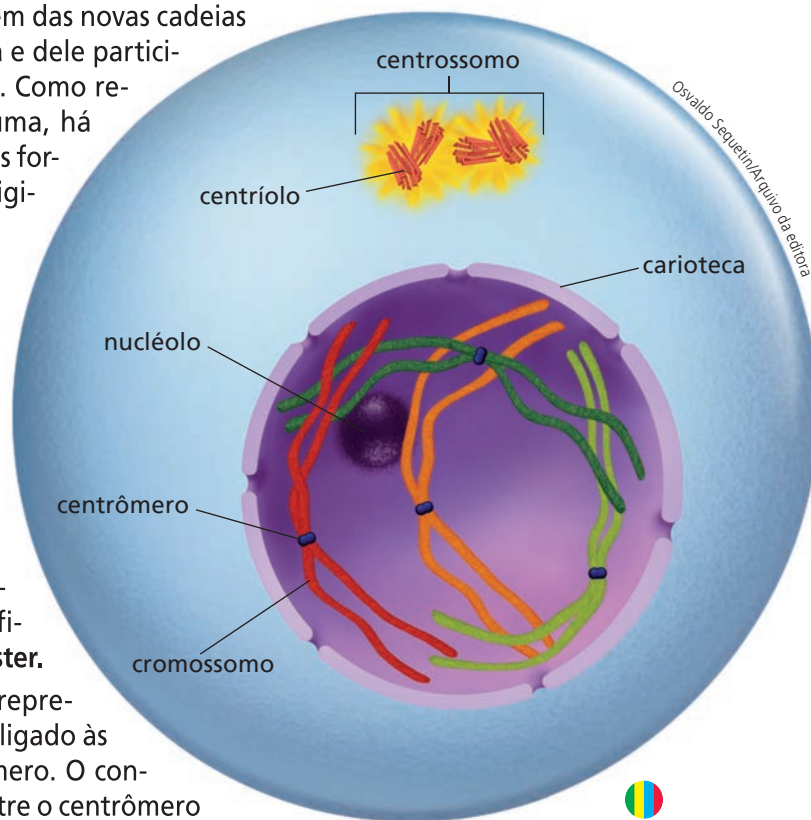
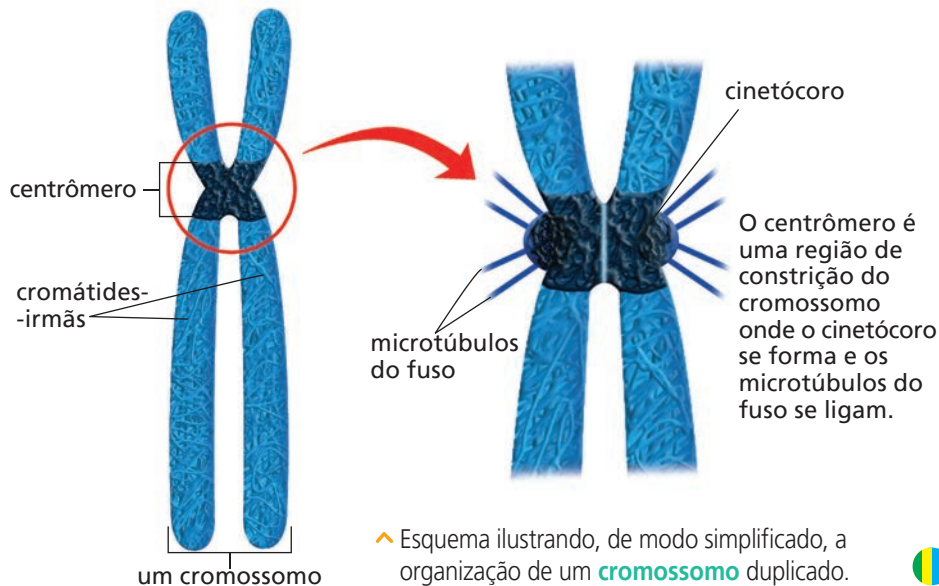
Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

cadeias originais de acordo com a complementaridade das bases nitrogenadas. Esse processo de montagem das novas cadeias se chama **duplicação semiconservativa** e dele participam enzimas como a **DNA-polimerase**. Como resultado da duplicação, no lugar de uma, há duas moléculas idênticas de DNA, ambas formadas por uma cadeia da molécula original e uma cadeia nova.

Durante a fase S, verifica-se no citoplasma que o **centro celular** ou **centrossomo**, que é a região onde estão os dois centríolos, duplica-se, assim como também são duplicados os centríolos. Longas fibras proteicas do citoesqueleto começam a ser organizadas e irradiadas a partir de cada centro celular, dando a cada conjunto o aspecto estrelado. Por essa razão, esses conjuntos são conhecidos como **áster** e as fibras que o compõem, como **fibras do áster.**

Observe no esquema abaixo uma representação do cromossomo já duplicado ligado às fibras do áster pela região do centrômero. O conjunto de proteínas que faz a ligação entre o centrômero e as fibras do áster é chamado **cinetócoro.**

A mitose pode ser dividida em duas etapas:

- **cariocinese** – divisão do núcleo;
- **citocinese** – divisão do citoplasma.

O esquema ilustra uma célula animal ao final da **fase G2**, da interfase. O DNA e o centrossomo já foram duplicados. A célula possui 2n = 4.

Cromossomo duplicado e cinetócoro

Esquema ilustrando, de modo simplificado, a organização de um **cromossomo** duplicado.

PENSE E RESPONDA

Em seu caderno, responda às questões:

a. O que aconteceria se antes da divisão celular não ocorresse a duplicação do DNA? Represente a situação hipotética com um esquema e explique a importância da duplicação semiconservativa do DNA para uma espécie.

b. Verifique no glossário etimológico o significado da palavra **áster** e explique-o.

a. A duplicação do DNA garante a manutenção do número cromossômico da espécie ao longo das gerações. Se não ocorresse duplicação antes da divisão celular, as células-filhas teriam sempre metade do número de cromossomos da célula original.
b. Áster refere-se à estrela. A estrutura lembra o aspecto das fibras proteicas que se irradiam a partir do centro celular.

4.1 Fases da mitose

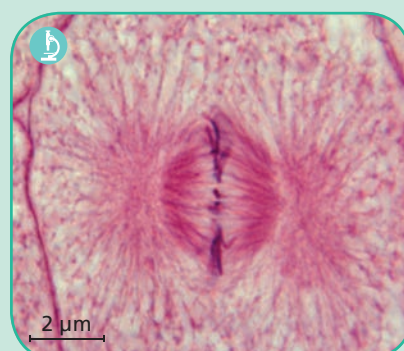
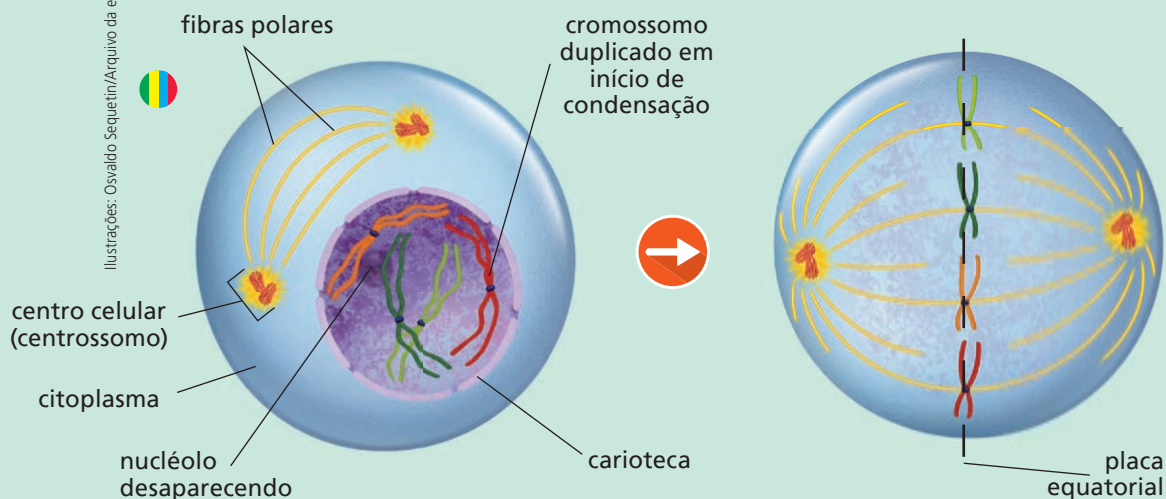
A mitose costuma ser organizada em fases, para facilitar o estudo: **prófase**, **metáfase**, **anáfase** e **telófase**. Ao final da mitose, ocorre a ***citocinese***. Lembre-se de que, como o material genético sofre duplicação no início da interfase, cada ▶

Prófase

2 µm

Carolina Biological Supply Company/Phototake/Glow Images

Ilustrações: Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

fibras polares
cromossomo duplicado em início de condensação
centro celular (centrossomo)
citoplasma
nucléolo desaparecendo
carioteca

No início da prófase os cromossomos tornam-se mais curtos e mais espessos, processo chamado **condensação** ou **espiralização** dos cromossomos, que continua até a metáfase.

O nucléolo desaparece e, no citoplasma, cada áster é deslocado para polos opostos da célula em função principalmente do aumento de tamanho de algumas de suas fibras, que passam a se chamar **fibras polares**. O conjunto de fibras do áster e fibras polares compõe o **fuso mitótico**. O final da prófase caracteriza-se pelo rompimento da carioteca.

Metáfase

2 µm

Carolina Biological Supply Company/Phototake/Glow Images

placa equatorial

Com o desaparecimento da carioteca, o material do núcleo mistura-se ao citoplasma; os cromossomos unem-se pela região do centrômero às fibras polares do fuso mitótico e são deslocados para o "equador", ou região mediana da célula.

Atingindo a região mediana da célula, os cromossomos colocam-se em um único plano, formando a chamada **placa equatorial**. Nesse momento, é observada a condensação máxima dos cromossomos e essa geralmente é a fase mais longa da mitose.

Mitose em célula humana

números de cromossomos...

...na célula original:

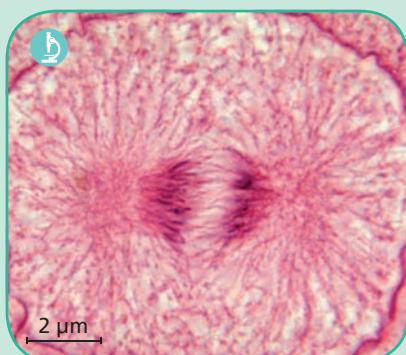
46

...nas células-filhas:

46 46

cromossomo é formado por duas cromátides-irmãs, unidas pelo centrômero. Veja a seguir a descrição dos principais eventos de cada fase da mitose, acompanhada de desenhos e fotografias. As fotos mostram células somáticas de uma espécie de peixe, em diferentes estágios da mitose. Os desenhos mostram células hipotéticas, com 2n = 4.

Anáfase

2 μm

Carolina Biological Supply Company/Phototake/Glow Images

Telófase

2 μm

Carolina Biological Supply Company/Phototake/Glow Images

Citocinese

Carolina Biological Supply Company/Phototake/Glow Images

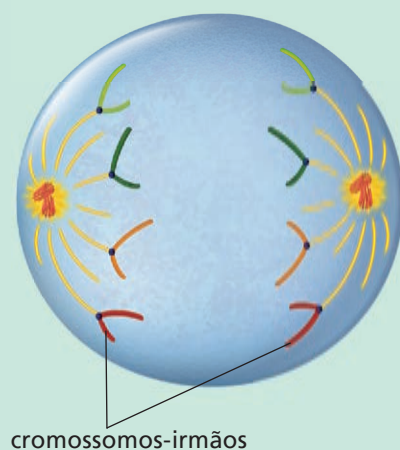
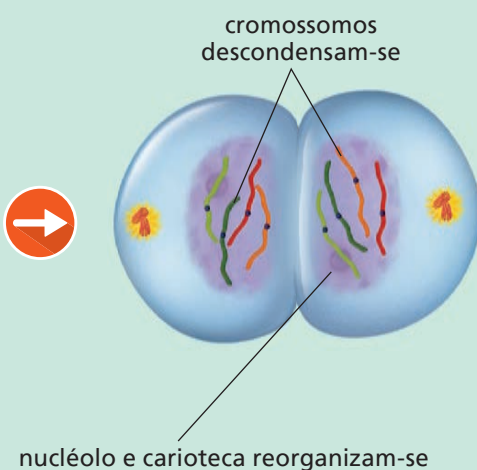
2 μm

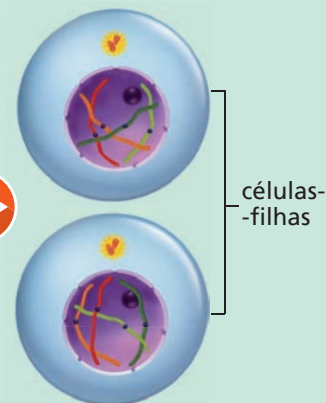
Imagem de uma das células-filhas após a citocinese.

cromossomos-irmãos

cromossomos descondensam-se

nucléolo e carioteca reorganizam-se

células-filhas

A anáfase inicia-se com a separação dos centrômeros e com a consequente separação das cromátides-irmãs. Cada cromátide-irmã, agora independente, é chamada **cromossomo-irmão**. Cada um deles é conduzido pelas fibras do fuso para um dos polos da célula, de tal forma que o material genético que chega a um polo é igual ao que chega ao outro polo.

Inicia-se uma série de ocorrências opostas ao que acontece na prófase. Observam-se, simultaneamente nos dois polos, que o nucléolo é reorganizado, os cromossomos desespiralizam-se e a carioteca é reconstituída. Termina, assim, a divisão do núcleo (cariocinese).

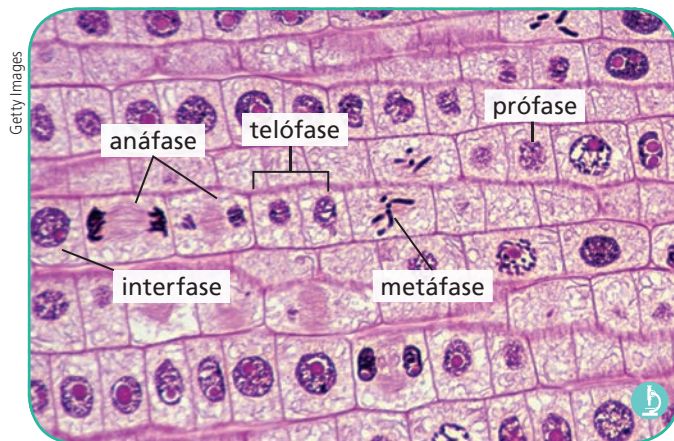
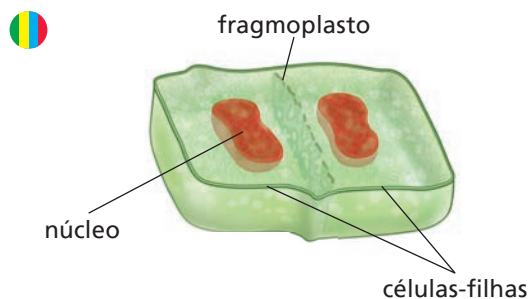
Ao final da cariocinese, os novos núcleos possuem aspecto semelhante ao do núcleo interfásico original e com o mesmo patrimônio genético.

A citocinese, que é a divisão do citoplasma, tem início em geral na anáfase com o aparecimento de um estrangulamento na região central da célula de fora para dentro. Fala-se, por isso, em **citocinese centrípeta** (em direção ao centro). A continuidade desse estrangulamento ocorre na telófase e acaba por separar completamente a célula em duas, o que caracteriza o fim da citocinese. Não podemos nos esquecer de que estamos utilizando como modelo para nosso estudo a célula animal.

A citocinese centrípeta não ocorre somente em células animais; ela é a divisão normal das células que não possuem revestimento resistente, permitindo o estrangulamento do citoplasma. Você pode observar, por exemplo, a citocinese centrípeta em uma ameba, um organismo unicelular eucarionte. Nas células que possuem revestimento resistente, como as células das plantas, forma-se uma pequena lâmina (lamela), que cresce da região central da célula, até separar completamente a célula em duas. Fala-se, então, em **citocinese centrífuga** (do centro para fora). Essa lamela em formação é derivada do complexo golgiense e recebe o nome de **fragmoplasto**.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

Outra diferença da mitose de célula animal em relação à mitose de célula vegetal é que nas plantas com flor não há centríolos no centro celular.

Células de raiz de cebola em diferentes fases da mitose.

Getty Images

Citocinese em célula vegetal

Esquema representando a **citocinese em célula vegetal**.

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

5 Meiose

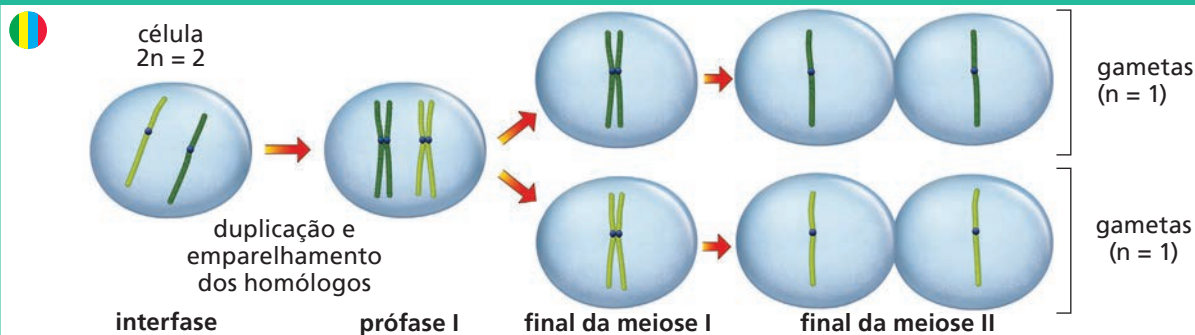
A principal característica da **meiose** é a redução pela metade do número de cromossomos da célula-mãe. Assim, de uma célula diploide formam-se células haploides.

Nos animais, a meiose é uma divisão característica da formação dos gametas. Ela ocorre por duas divisões sucessivas: a meiose I e a meiose II.

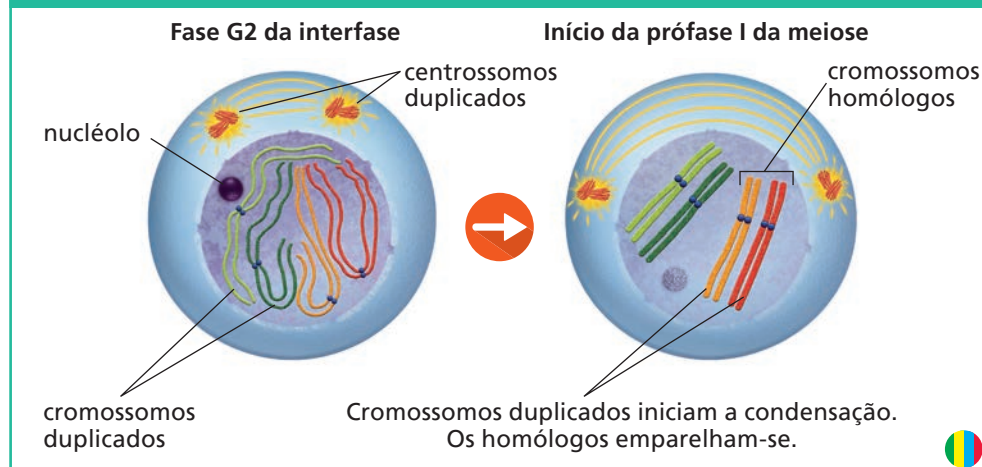
Das duas divisões meióticas, a primeira é **reducional**, isto é, o número de cromossomos em cada célula resultante é a metade do número de cromossomos da célula que se dividiu; cada cromossomo, porém, encontra-se duplicado (formado por duas cromátides-irmãs). A segunda divisão é chamada **equacional** e é semelhante a uma mitose comum, ou seja, o número de cromossomos das células-filhas é igual ao da célula original.

Esquema ilustrando o que acontece com o número de cromossomos na meiose, em que **uma célula diploide dá origem a quatro células haploides**. Por simplificação, foram representados apenas os cromossomos (2n = 2).

Número de cromossomos no início e no final da meiose

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Para facilidade de estudo, tanto a meiose I quanto a meiose II podem ser divididas nas mesmas fases em que se costuma dividir a mitose. Para identificá-las, acrescenta-se I ou II ao nome de cada fase, conforme se esteja estudando a meiose I ou a II.

Observe no esquema a seguir as transformações sofridas pela célula no início da primeira fase da meiose I, a prófase I. Vamos considerar uma célula com apenas dois pares de cromossomos homólogos (2n = 4).

Fase G2 da interfase e início da meiose

Esquema comparando uma célula animal em dois momentos distintos: na **fase G2 da interfase e no início da prófase I da meiose**. Por simplificação, foram representados o núcleo com os cromossomos e os centrossomos.

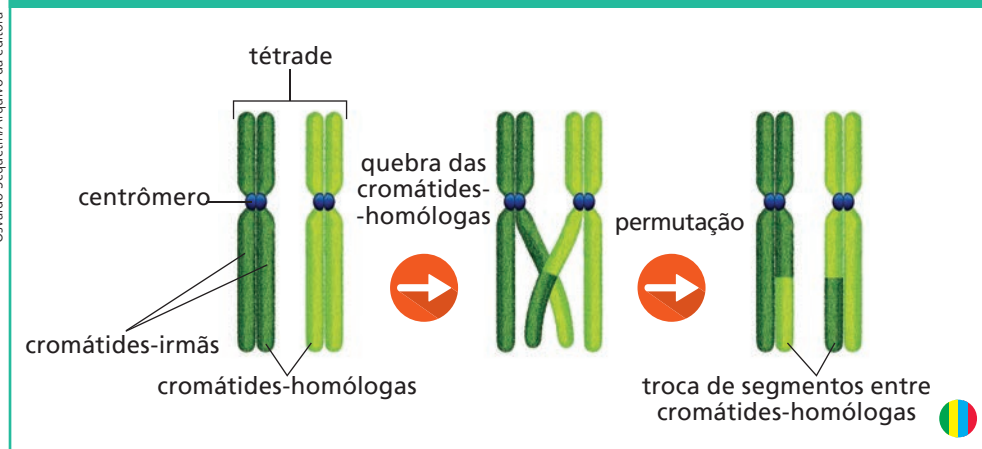
As alterações sofridas pela célula durante a meiose I apresentam alguns aspectos semelhantes aos que ocorrem na mitose: a carioteca e o nucléolo se desorganizam, o DNA sofre condensação, ocorre a duplicação do centro celular e dos centríolos e surgem as fibras do fuso. Existem, no entanto, diferenças importantes.

Na **prófase I**, ocorre o **emparelhamento** dos cromossomos homólogos. Com isso, cada par de homólogos emparelhados forma uma **tétrade**, pois são verificadas quatro cromátides: duas de cada cromossomo, que são as cromátides-irmãs. Cada cromátide de um cromossomo é chamada **cromátide-homóloga** em relação à do seu cromossomo homólogo. Podem ocorrer trocas de fragmentos entre cromátides-homólogas de cada tétrade, sendo que essa troca recebe o nome de **permutação** ou ***crossing-over***. Nesse processo, há rearranjo dos genes, que é um dos fatores que contribui para o aumento da variabilidade genética na espécie.

PENSE E RESPONDA

Explique por que a ocorrência de permutação resulta maior variabilidade genética.

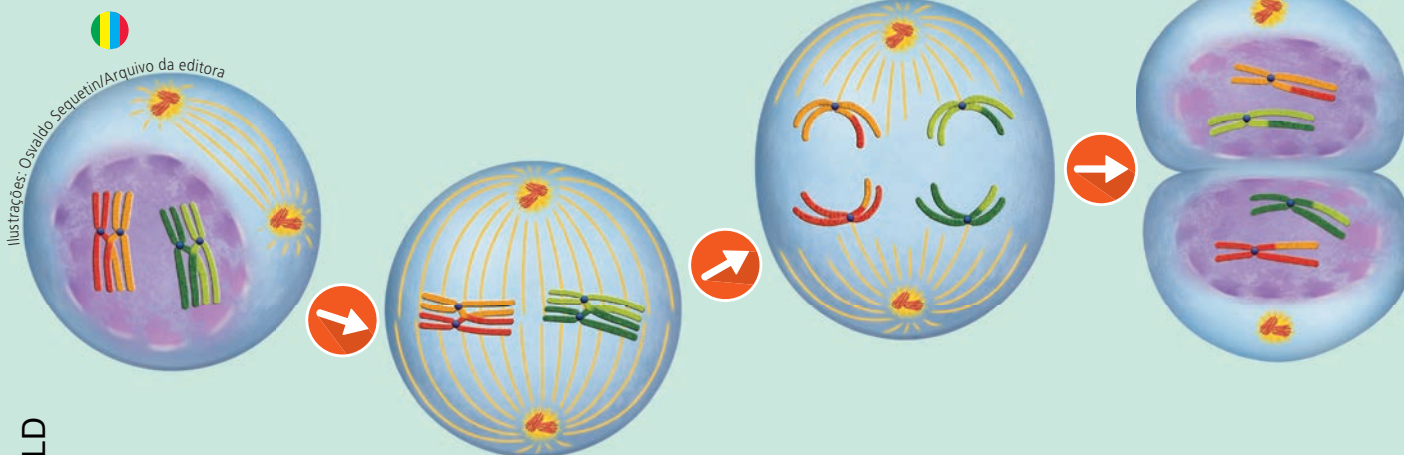
Com a troca de segmentos, surgem novas combinações genéticas.

Permutação

Esquema ilustrando a **permutação**, processo que ocorre na prófase I da meiose. Por simplificação, apenas um par de cromossomos homólogos foi representado. Observe que, ao final do processo, as cromátides-irmãs de cada cromossomo não são mais idênticas.

⟨5.1⟩ Meiose I

Veja nas figuras desta página as etapas da meiose I, considerando uma célula com 2n = 4. Ao final da meiose I, resultam duas células haploides, com os cromossomos duplicados.

Prófase I | **Metáfase I** | **Anáfase I** | **Telófase I**

Ilustrações: Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Na **prófase I**, a carioteca se rompe e o nucléolo desaparece. Surgem as fibras do áster.

No início, os cromossomos se condensam. Os centrossomos se movem para os polos da célula e o nucléolo se desfaz.

O esquema acima representa o final da prófase I, mostrando o emparelhamento dos cromossomos homólogos e a permutação ou *crossing-over*, que consiste na troca de fragmentos entre cromátides-homólogas.

Na **metáfase I**, os pares de cromossomos homólogos alinham-se no equador da célula. Em cada par de homólogos, um cromossomo está ligado, pelo cinetócoro, às fibras derivadas de um dos polos da célula.

Essa é uma importante diferença em relação à mitose, pois na metáfase mitótica os cromossomos homólogos não estão emparelhados na placa equatorial.

Na metáfase os cromossomos atingem o nível máximo de condensação.

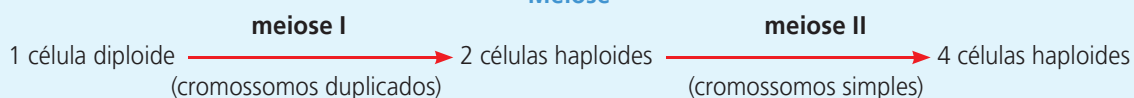
Na **anáfase I**, ocorre a separação dos cromossomos homólogos, em que um cromossomo duplicado de cada par é puxado para um dos polos da célula. Essa separação acontece por causa do encurtamento das fibras do áster, em direção aos polos da célula. As cromátides-irmãs não se separam, como ocorre na mitose.

Assim, cada polo da célula recebe um cromossomo duplicado de cada par de homólogos.

Durante a **telófase I**, ocorre a reorganização da carioteca e do nucléolo em cada polo da célula. No final da anáfase inicia-se a citocinese e ao final da telófase a citocinese é concluída. Formam-se, assim, duas células haploides que apresentam um cromossomo duplicado de cada homólogo (e não um par de homólogos). As duas cromátides que formam cada cromossomo duplicado ainda se encontram unidas pelos centrômeros.

RECORDE-SE

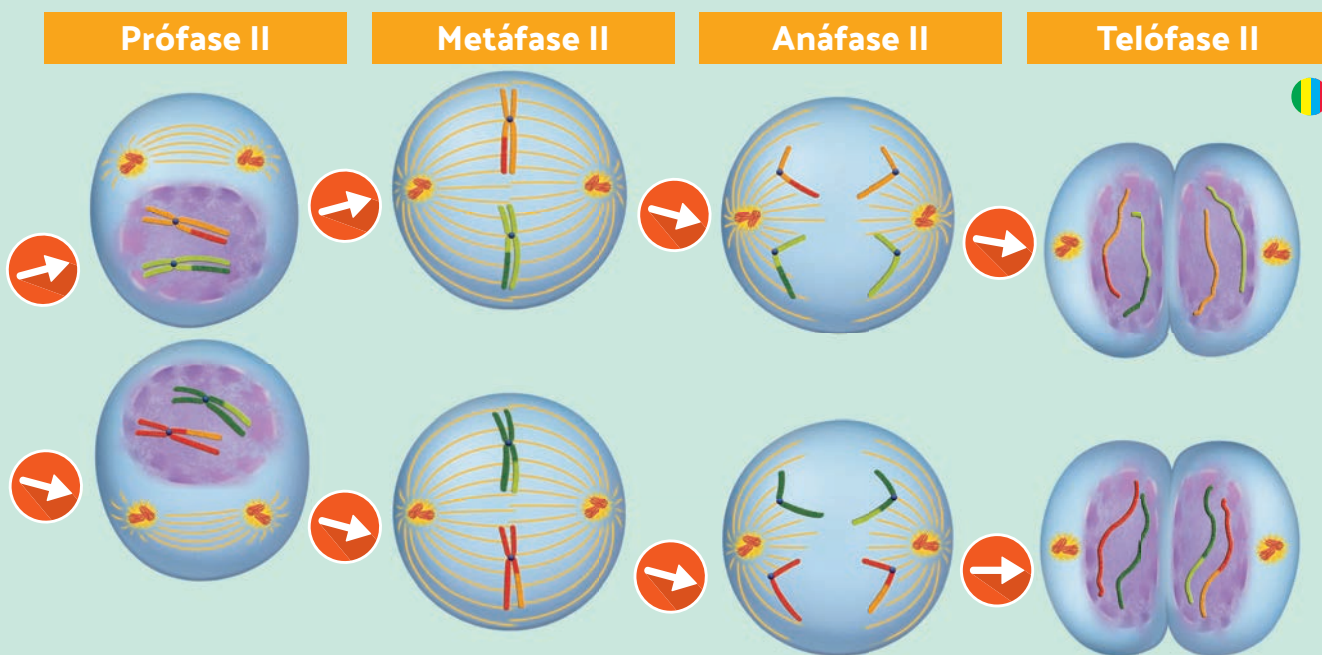
Meiose

1 célula diploide —(**meiose I**, cromossomos duplicados)→ 2 células haploides —(**meiose II**, cromossomos simples)→ 4 células haploides

⟨5.2⟩ Meiose II

Cada uma das células haploides formadas pela meiose I entra em nova divisão, a meiose II. A seguir está a sequência de etapas da meiose II, em que ocorre a separação das cromátides-irmãs. Ao final do processo, têm-se quatro células haploides.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

Prófase II | **Metáfase II** | **Anáfase II** | **Telófase II**

DIVULGAÇÃO PNLD

A **prófase II** é parecida com a prófase mitótica. Em cada uma das células formadas, ocorre o rompimento da carioteca, o desaparecimento do nucléolo e a condensação dos cromossomos, cada um formado por duas cromátides, unidas pelo centrômero. Formam-se as fibras do áster.

As células possuem, nesta fase, um cromossomo de cada tipo, sendo, portanto, haploides.

Na **metáfase II**, os cromossomos alinham-se no equador da célula, orientados pelas fibras do áster. Pelo cinetócoro, cada cromátide-irmã está ligada a um centrossomo.

Observe que, em cada célula, há cromátides apresentando recombinação de genes, devido à permutação que ocorreu na prófase I.

A metáfase II é parecida com a metáfase mitótica.

Na **anáfase II**, ocorre a separação das cromátides-irmãs, sendo cada uma direcionada, pelas fibras do áster, para um polo da célula.

Cada cromátide passa a ser, então, um cromossomo simples.

O processo acontece nas duas células resultantes da primeira divisão meiótica. Este processo é semelhante à anáfase mitótica.

Ao final da meiose II, cada célula-filha possui um cromossomo simples, ou seja, é uma célula haploide. Em cada uma delas, os cromossomos se desespiralizam, a carioteca e o nucléolo se reorganizam.

Ocorre a citocinese, isto é, a separação das células. No final da meiose, há quatro células haploides, geneticamente distintas da célula original e entre si (devido à permutação).

PENSE E RESPONDA

Faça uma previsão do resultado da meiose em uma célula 2n = 4, supondo que ocorreram problemas na formação do fuso em um dos polos da célula, em um desses momentos:

a. durante a anáfase I; **b.** em uma das células durante a anáfase II.

Calcule as porcentagens de células com número cromossômico anormal em cada caso e escreva as respostas no caderno.

Se o problema ocorrer na anáfase I, todas as células-filhas (100%) serão afetadas. Se o problema ocorrer na anáfase II, 50% delas serão afetadas. Ao prosseguir a leitura do capítulo, o aluno estudará alguns problemas resultantes da não disjunção dos cromossomos.

A meiose e as alterações no número de cromossomos

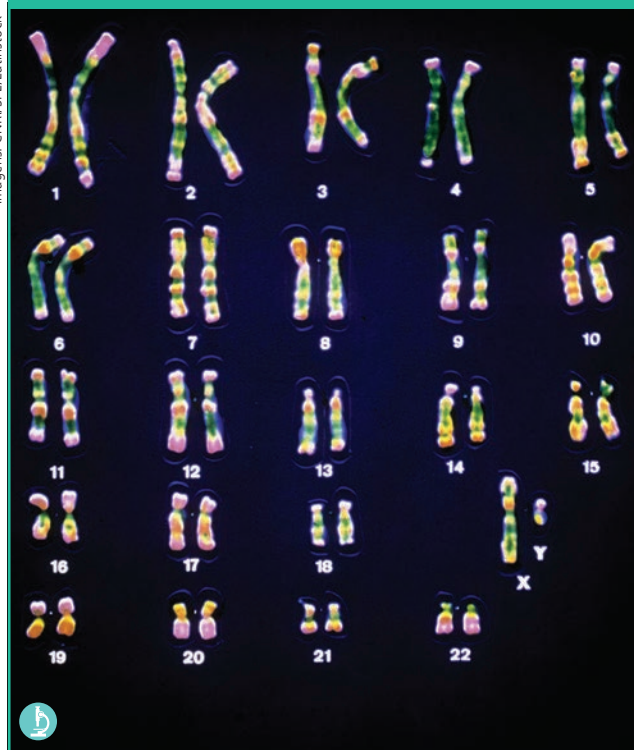
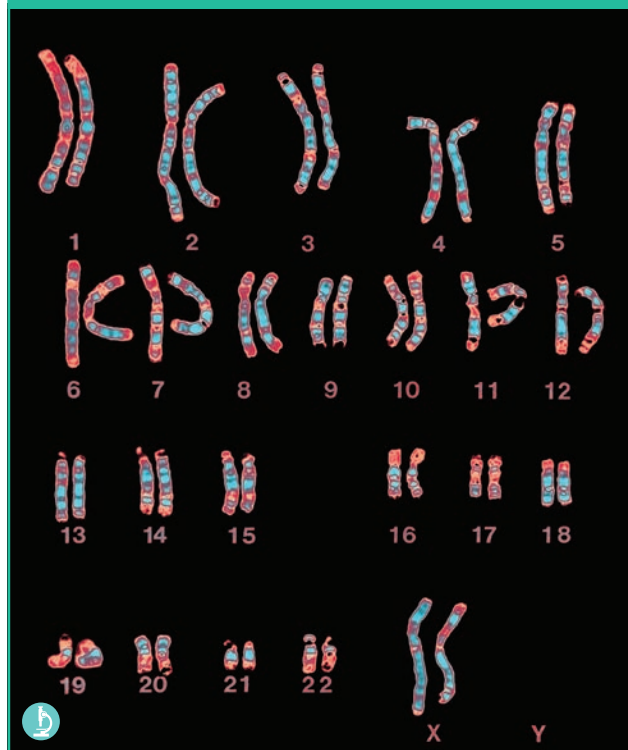
SUGESTÃO DE ATIVIDADE

Vimos que os cromossomos ocorrem aos pares nas células somáticas. Na espécie humana, espera-se encontrar, nas células somáticas de uma pessoa, 23 pares de cromossomos. A verificação do número e a forma dos cromossomos de um indivíduo pode ser feita pela montagem de um **cariótipo**, a partir de imagens obtidas de células em mitose, na metáfase. Nesse momento, os cromossomos estão no seu grau máximo de condensação.

Sexo masculino

Sexo feminino

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 X Y

Imagens: CNRI/SPL/Latinstock

Cariótipo humano normal de uma pessoa do sexo masculino e de uma pessoa do sexo feminino.

CURIOSIDADE

Existem dois tipos de alteração cromossômica: estrutural, em que uma região de um cromossomo é afetada, e numérica, em que há diferença no número cromossômico em relação ao que é padrão para a espécie.
A **aneuploidia** ocorre quando há cromossomos a mais ou a menos no conjunto cromossômico da célula (caso da trissomia, em que existe um a mais).
Quando há uma ou mais cópias de todo o conjunto de cromossomos, ocorreu uma **poliploidia** – por exemplo, quando surge anormalmente uma célula triploide (3n).

Veja comentários no Manual.

Alguns indivíduos podem apresentar um número anormal de cromossomos em seu cariótipo. A causa dessa alteração está no processo de meiose, na formação dos gametas. Podem ocorrer pequenas falhas no momento da separação dos cromossomos homólogos (anáfase I) ou na separação das cromátides-irmãs (anáfase II). Dizemos que ocorre uma **não disjunção** dos cromossomos.

Veja no caso ilustrado na página seguinte o que aconteceu: a não disjunção das cromátides-irmãs de um dos cromossomos na meiose II resultou na produção de um gameta com n + 1 cromossomo, um gameta com n – 1, e dois gametas normais (n).

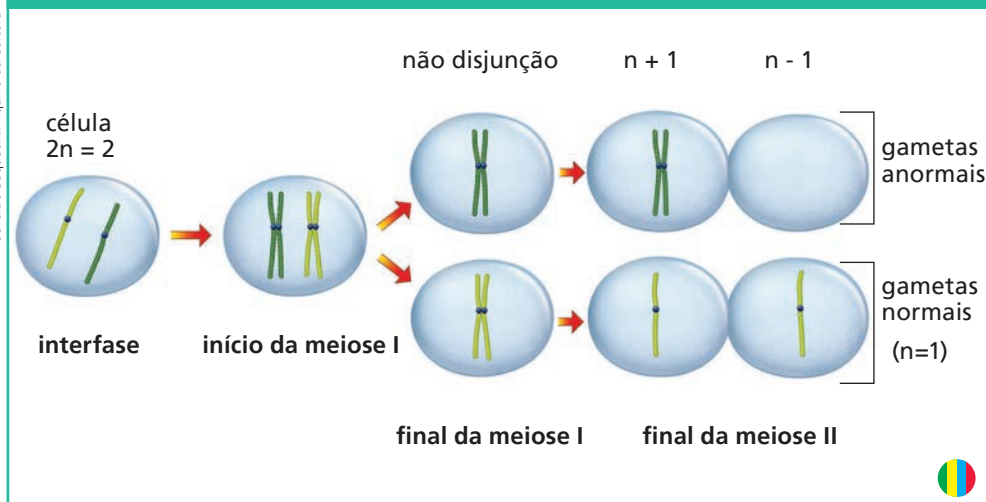
Se estivéssemos considerando uma célula humana, que possui 23 pares de cromossomos, teríamos a formação de três tipos de gametas: com 23 cromossomos (o número normal, haploide), 23 + 1 e outro com 22 cromossomos.

Se a não disjunção ocorre na meiose I, todos os gametas formados terão número anormal de cromossomos.

Imagine que o gameta 23 + 1 é fecundado por um gameta normal (23 cromossomos). O zigoto formado terá 46 + 1 cromossomos. Para um dos tipos de cromossomos, a célula-ovo apresentará três, e não apenas um par: fala-se em **trissomia**.

Não disjunção dos cromossomos na meiose

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

célula 2n = 2
interfase
início da meiose I
não disjunção
n + 1
n - 1
gametas anormais
gametas normais (n=1)
final da meiose I
final da meiose II

Esquema ilustrando a ocorrência de **não disjunção dos cromossomos na meiose**. Veja que 50% dos gametas resultantes possuem uma anomalia no número de cromossomos. Por simplificação, estão representados apenas os cromossomos.

Se o gameta que recebeu um cromossomo a menos for fecundado por um gameta normal, então o zigoto apresentará **monossomia**.

O zigoto portador de alteração no seu número de cromossomos dará origem, por mitoses, a células embrionárias com alteração. Essas anomalias cromossômicas podem impedir o desenvolvimento do embrião, em alguns casos; em outros, podem acarretar distúrbios no indivíduo, ou síndromes (conjunto de sinais e sintomas). Veja a seguir alguns exemplos de alterações no número de autossomos em seres humanos que são responsáveis por síndromes:

- **trissomia do cromossomo nº 13**: causa a síndrome de Patau, caracterizada por graves distúrbios no coração e nos sistemas genital, urinário e digestório, além de outras características, como cabeça pequena e, geralmente, surdez e cegueira.
- **trissomia do cromossomo nº 18**: causa a síndrome de Edwards, que é extremamente grave. Anomalias no coração, nos rins e no sistema genital levam a criança à morte geralmente ainda no seu primeiro ano de vida.
- **trissomia do cromossomo nº 21**: causa a síndrome de Down. Entre as síndromes citadas, é a mais comum e a menos grave. Fisicamente pode ser caracterizada pelo pescoço curto, dentição irregular, dedos curtos, olhos puxados para cima e cabeça pequena. Os portadores dessa síndrome apresentam deficiência intelectual.

Quando as alterações cromossômicas ocorrem no par de cromossomos sexuais, a síndrome é relacionada com o sexo do indivíduo.

Gametas portando um cromossomo X a mais podem gerar um zigoto com 47 cromossomos, sendo 47, XXY. Esse cariótipo corresponde à síndrome de Klinefelter. Pela presença do cromossomo Y, todos os portadores dessa síndrome são do sexo masculino; caracterizam-se pelos testículos pequenos, que não produzem espermatozoides, estatura elevada e mamas mais desenvolvidas, entre outras características.

Indivíduos que possuem apenas um cromossomo X em seu cariótipo, totalizando 45 cromossomos (45, X0), são do sexo feminino e apresentam a síndrome de Turner. Caracterizam-se pela baixa estatura, pescoço curto e largo, ovários não funcionais, entre outras condições.

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

A data de 21 de março foi escolhida como o "Dia Internacional da Síndrome de Down", em ação promovida pela Organização das Nações Unidas a partir de 2006, com o objetivo de divulgar informações e evitar preconceitos em relação às pessoas com a síndrome.

Pesquisem e respondam:

a. Representem esquematicamente, no caderno, a formação de um zigoto com trissomia do cromossomo 21, considerando a ocorrência de não disjunção no desenvolvimento do óvulo.

b. Quais preconceitos as pessoas com Down enfrentam no dia a dia?

c. Como é a convivência entre pessoas com diferentes características em sua escola? Promovam um debate sobre o que pode ser melhorado para combater ações preconceituosas entre os alunos.

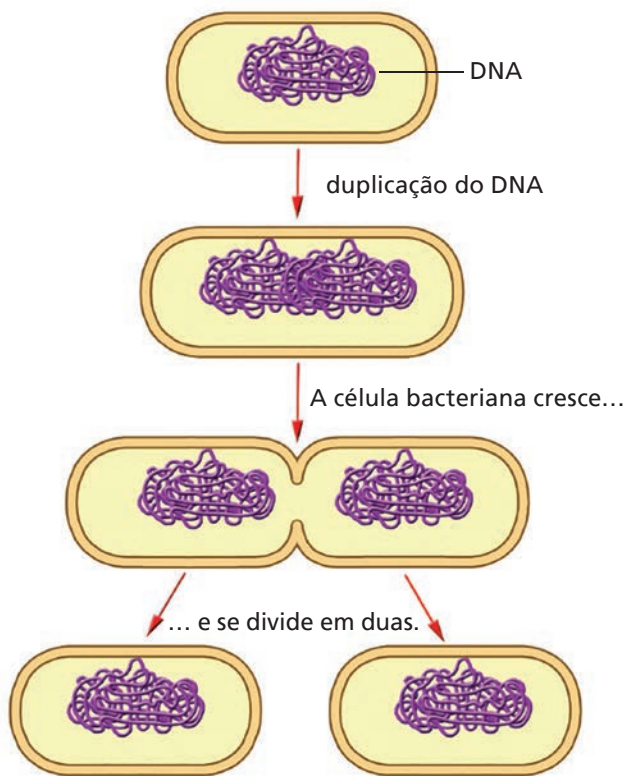
a.Consulte o Manual.
b.Resposta pessoal. De acordo com o *site* "Movimento Down", é comum as pessoas com a síndrome serem tratadas erroneamente como doentes ou incapazes, sendo privadas do convívio social. Saiba mais em: <http://www.movimentodown.org.br/> (acesso em: 12 fev. 2016).
c.Resposta pessoal. Veja comentários no Manual.

VAMOS CRITICAR O QUE ESTUDAMOS?

Existem mitose e meiose em procariontes?

A célula procariótica não possui citoesqueleto e, portanto, não há formação das fibras do fuso. Assim, o processo de divisão celular nos procariontes não se assemelha ao que ocorre nos eucariontes. Nos procariontes ocorre **bipartição**, processo de reprodução assexuada que, apesar de receber o mesmo nome do processo que ocorre em unicelulares eucariontes, como as amebas, não acontece da mesma maneira.

A bipartição nos procariontes tem início com a duplicação da molécula de DNA circular e prossegue com o aumento da célula na sua região mediana, seguida de um processo de invaginação da membrana plasmática, formando-se duas novas células com o mesmo patrimônio genético. Nos procariontes, portanto, não há divisão celular por mitose nem por meiose.

Divisão celular em bactéria

Luis Moura/Arquivo da editora

A meiose ocorre apenas na formação de gametas?

A resposta é não.

Neste capítulo foi afirmado que "*como regra geral*, as células somáticas dos eucariontes são diploides e os gametas são haploides". Isso significa que existem exceções.

Em algas multicelulares e em plantas, por exemplo, podemos observar ciclos de vida com **alternância de gerações**, em que há alternância de uma fase com indivíduos haploides e outra com indivíduos diploides.

Os haploides formam gametas por mitose e compõem a **geração gametofítica**.

Os diploides formam esporos por meiose e compõem a **geração esporofítica**.

Essas gerações são mais facilmente identificáveis em certas algas multicelulares, nas briófitas (como os musgos) e pteridófitas (como as samambaias e avencas), pois os **gametófitos**, que são os indivíduos que formam gametas, e os **esporófitos**, que são os indivíduos que formam esporos, são bem característicos. Nas gimnospermas (como os pinheiros) e angiospermas (plantas com flores e frutos) essas fases estão presentes, porém os gametófitos são reduzidos e se desenvolvem no interior dos esporófitos, não formando indivíduos isolados.

Nas algas multicelulares e nas plantas, tanto os esporos quanto os gametas são haploides.

Os gametas, um feminino e um masculino, unem-se, resultando um zigoto diploide, que formará o esporófito. Este forma esporos, por meiose. Os esporos germinam, originando os gametófitos, que são, portanto, haploides, e o ciclo continua.

Nesses casos mencionados, a meiose não ocorre na formação dos gametas, mas ocorre na formação dos esporos, falando-se em **meiose espórica**.

1 O tamanho das células: relação superfície × volume

Considerando os seres vivos multicelulares, como os animais e as plantas em geral, podemos dizer que as células são estruturas pequenas quando comparadas ao volume total do indivíduo. Considerando os unicelulares, são eles, quase todos, microscópicos. Haverá alguma vantagem nessa característica de serem pequenas as células? A troca de materiais entre as células e o ambiente não seria mais eficiente se as células fossem estruturas grandes?

Para responder a essas perguntas, vamos analisar a relação que existe entre a superfície de uma célula e o volume ocupado por ela. Considere uma célula hipotética, de forma cúbica, com 30 micrometros (μm) de aresta.

A

30 μm

Luis Moura/Arquivo da editora

O volume dessa célula é de 27 000 μm^3, pela multiplicação: 30 μm × 30 μm × 30 μm = 27 000 μm^3.

Calculemos, agora, a superfície dessa célula. Cada lado do cubo é um quadrado com 900 μm^2 de área, produto do comprimento de um lado pelo outro (30 μm × 30 μm = = 900 μm^2). Como essa célula é cúbica, e o cubo tem 6 lados, a superfície total é de 5 400 μm^2.

Trata-se, portanto, de uma célula com superfície de 5 400 μm^2 revestindo um volume de 27 000 μm^3, o que nos dá uma relação numérica de 1 por 5. Podemos entender que, para cada 5 unidades de volume, a célula tem apenas 1 unidade de área de sua superfície.

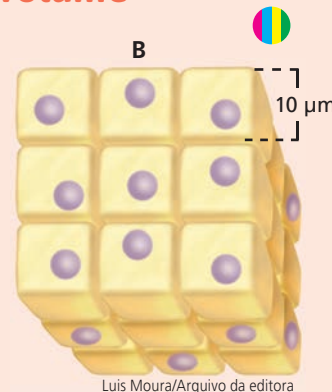
Vamos supor, agora, que essa célula pudesse ser dividida em 27 células cúbicas menores, de 10 μm de lado, como representado no esquema a seguir. O volume total continuou o mesmo, mas a superfície total aumentou muito. A superfície de cada nova célula tem 600 μm^2 de área (10 μm × 10 μm × 6), de maneira que o total da área de todas as superfícies das 27 células é de 16 200 μm^2. Em cada célula de 10 μm de aresta, o volume é, então, de 1 000 μm^3, revestido por uma superfície cuja área é de 600 μm^2. A relação numérica passa a ser, portanto, de 3 por 5, obtida pela simplificação de 600 / 1 000. Podemos entender que, para cada 5 unidades de volume, cada célula tem 3 unidades de área de superfície.

B

10 μm

Luis Moura/Arquivo da editora

Células de maior volume têm maior dificuldade em trocar materiais com o meio, uma vez que a membrana plasmática possui superfície relativamente menor, o que torna menos eficiente a entrada e a saída de materiais. O pequeno tamanho das células pode ser entendido, portanto, como um importante mecanismo de adaptação, pois favorece as trocas que necessariamente devem existir entre as células e o meio interno (nos multicelulares) e entre a célula e o meio externo (nos unicelulares). Essa adaptação também explica o fato de possuírem as células o mesmo tamanho, quando consideramos o mesmo tecido e indivíduos da mesma espécie. Assim, um indivíduo é maior do que outro porque possui maior número de células e não por possuir células maiores, o que, de fato, não ocorre.

A atividade celular resulta não somente na formação de substâncias, mas também na liberação de energia, que é difundida pela membrana plasmática, podendo ser fonte de calor para tecidos e órgãos. Nesse sentido, a relação superfície/volume da célula também é de grande importância.

DEPOIS DA LEITURA...

Com base no texto que você acabou de ler, elabore uma ou duas frases que expliquem corretamente a relação entre as palavras: célula, tamanho, volume, superfície, divisão.

Resposta pessoal. Exemplo: O tamanho de uma célula está relacionado à razão superfície/volume. Ao atingir determinado tamanho, a célula tende a sofrer divisão, o que mantém o volume total e aumenta a superfície.

2 O ciclo celular e o câncer

O ciclo celular é regulado por mecanismos que garantem a divisão correta da célula. Existem os chamados "pontos de checagem", nos quais esses mecanismos atuam.

Um dos pontos de checagem ocorre ao final da fase G1. Se a célula não possui tamanho adequado, se não recebe determinados sinais do meio externo ou se há danos no material genético, a célula não passa para a fase S, onde ocorreria a duplicação do DNA. Outro ponto de checagem ocorre na fase G2.

Nos organismos multicelulares, os diferentes tipos de células apresentam velocidades distintas no ciclo celular. Células basais da epiderme da pele humana, por exemplo, dividem-se continuamente, enquanto células nervosas e musculares podem não sofrer divisão após estarem diferenciadas, permanecendo em um estado modificado do ciclo celular, chamado G0.

Para todas as células, no entanto, o ciclo celular não é infinito: existe um momento em que elas param de se dividir, caracterizando o envelhecimento celular. Tal processo é regulado por cromossomos e substâncias, tanto internas quanto externas ao citoplasma, que estimulam ou inibem o ciclo celular.

O que aconteceria se uma célula não fosse capaz de responder aos mecanismos de controle do ciclo celular? Tal condição existe e pode dar origem aos tumores e ao **câncer**. Acompanhe a explicação a seguir com a representação abaixo.

A célula tumoral ou cancerígena (1) possui mutações em seu material genético, que danificam o controle da divisão celular. Essa célula não para de se dividir, "ignorando" os sinais de envelhecimento celular e os pontos de checagem que impediriam sua proliferação. Assim, elas se multiplicam intensamente, formando um tumor (2).

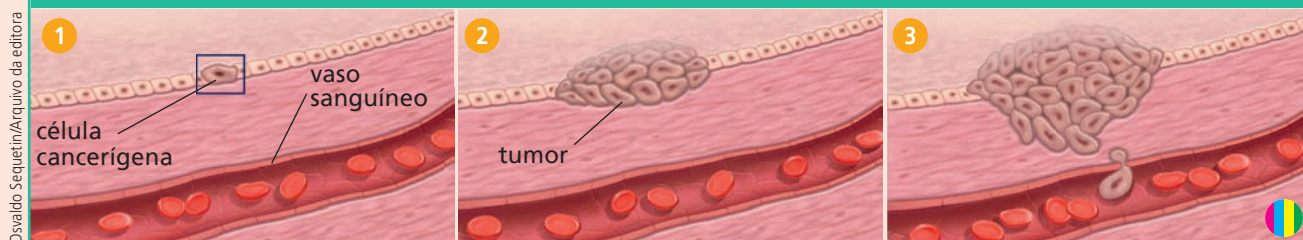
As células cancerígenas estimulam a formação de vasos sanguíneos em seu redor e podem, assim, ser transportadas pelo sangue e pela linfa para outros tecidos, caracterizando o câncer (3). A metástase é a fase em que o câncer se instala em outros tecidos.

Os mecanismos moleculares que levam ao câncer são complexos. A doença é considerada multifatorial, ou seja, na maioria dos casos não é possível relacionar sua ocorrência a uma única causa. Podem estar relacionados à herança genética, a certos tipos de infecção viral ou ao contato com substâncias cancerígenas, como materiais radioativos e toxinas do cigarro (de qualquer tipo).

Fontes: ALBERTS, B. et al. *Biologia molecular da célula*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010, p. 265.

BORGES, J. C. Assassinas silenciosas. *Ciência Hoje on-line*, 08 out. 2007. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/por-dentro-das-celulas/assassinas-silenciosas/>. Acesso em: 18 jan. 2016.

Etapas de formação de um câncer

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

DEPOIS DA LEITURA...

a. Represente o ciclo celular, indicando nele os pontos de checagem mencionados no texto e explicando a relação entre ciclo celular e câncer. a) Consulte o Manual.

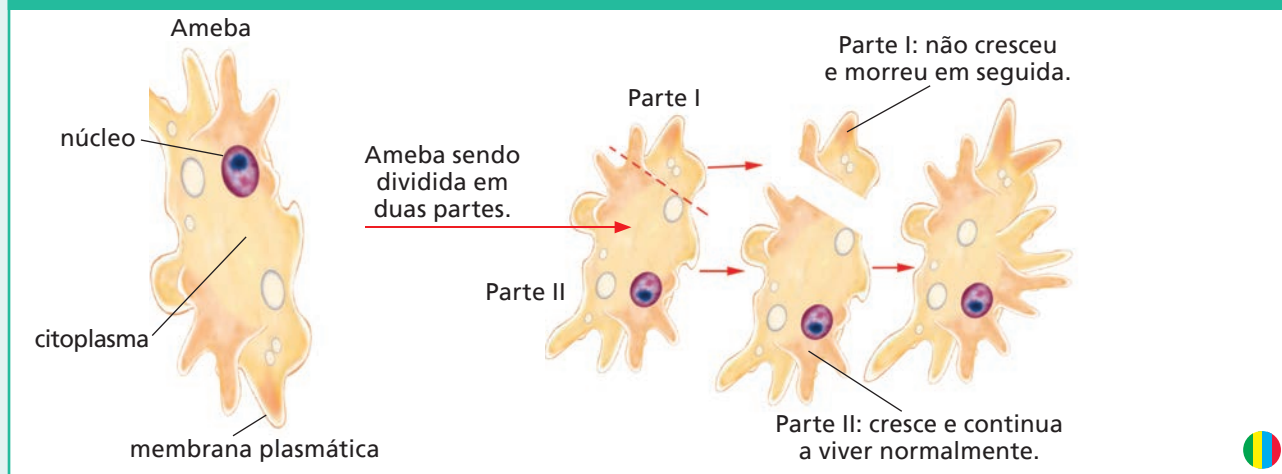
b. Com sua equipe, obtenha dados sobre o tipo de câncer que mais afeta a população de sua região. Em seguida, identifiquem se causas externas (como maus hábitos alimentares, fumo e outros) podem favorecer a ocorrência do câncer e criem uma campanha de alerta e prevenção em sua comunidade.
b) Resposta pessoal. Veja mais informações sobre câncer no Manual.

FAÇA NO CADERNO. NÃO ESCREVA EM SEU LIVRO.

Revendo e aplicando conceitos

1. Observe abaixo os desenhos esquemáticos de uma ameba e de um experimento realizado com ela.

Como resultado, a ameba que ficou com o núcleo cresceu, desenvolveu-se e continuou com capacidade de divisão; a que ficou sem o núcleo não cresceu, não se desenvolveu e morreu.

Esquema representando uma ameba e um experimento hipotético

Luis Moura/Arquivo da editora

a. Sabendo do resultado do experimento, complete com as outras possíveis etapas do processo de investigação científica: quais teriam sido os objetivos do experimento, a hipótese formulada e a conclusão?

1. a) e b) Consulte o Manual.

b. Estabeleça a diferença entre resultado e conclusão em um experimento.

c. Você acha que a conclusão de que o núcleo é necessário às funções de manutenção do metabolismo celular e reprodução das amebas, com base em um único experimento, é uma conclusão que respeita os padrões científicos? Justifique. 1. c) A conclusão não pode ser formulada com base no resultado de um único experimento.

2. Para cada par de sentenças abaixo, escolha a afirmativa correta e justifique sua opção, em cada caso.

a. Os genes formam-se durante a divisão celular.
2. Consulte o Manual.
Os genes estão sempre presentes na célula.

b. Cada cromossomo abriga diversos genes.
Cada gene abriga diversos cromossomos.

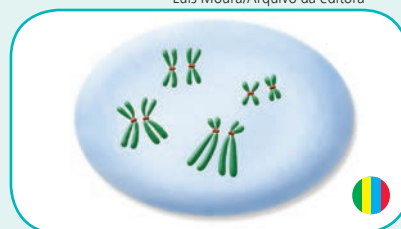
c. O núcleo situa-se sempre no centro da célula.
O núcleo pode ser cêntrico ou excêntrico.

d. O número de cromossomos é o mesmo em todas as células somáticas dos indivíduos da mesma espécie.
O número de cromossomos nas células somáticas varia de indivíduo para indivíduo da mesma espécie.

3. As células somáticas do cão doméstico (*Canis familiaris*) possuem 39 pares de cromossomos. Considerando essa espécie, informe o número de cromossomos no óvulo, no espermatozoide e no ovo (zigoto).

3. O óvulo e o espermatozoide são haploides (n) e possuem 39 cromossomos. O ovo é diploide e possui 78 cromossomos (ou 39 pares).

4. A figura a seguir representa o cariótipo de uma espécie hipotética:

Luis Moura/Arquivo da editora

Baseando-se na figura e no que estudamos neste capítulo, responda:

a. O que é um cariótipo? 4. a) Imagem obtida a partir de células em metáfase (condensação máxima dos cromossomos), mostrando o conjunto de cromossomos presente nas células de um indivíduo.

b. Qual é o número diploide de cromossomos da espécie à qual pertence o indivíduo doador dessa célula? Considere que o indivíduo não apresenta anomalias cromossômicas. 4. b) 2n = 8 cromossomos.

c. Os gametas produzidos por esse organismo apresentarão quantos cromossomos?
4. c) n = 4 cromossomos.

d. Considerando os tipos de cromossomo – metacêntrico, submetacêntrico, acrocêntrico e telocêntrico – quais deles podem ser distinguidos na figura? 4. d) 3 pares de cromossomos metacêntricos e 1 par de submetacêntricos.

5. Que relação existe entre a carioteca e o retículo endoplasmático granuloso? 5. Ambos são constituídos por membrana lipoproteica, e estão conectados entre si em certos pontos.

6. Uma célula humana observada no microscópio apresenta ausência de núcleo individualizado e de nucléolos, e a presença de cromossomos densos espalhados pelo citoplasma. Em que etapa do ciclo celular encontra-se essa célula? Justifique. 6. Divisão celular.

7. Coloque as estruturas mencionadas a seguir em ordem decrescente de dimensões e justifique sua sequência.
7. Célula - núcleo - cromossomo - gene. Veja justificativa no Manual.

Gene | **Núcleo** | **Cromossomo** | **Célula**

8. Monte uma tabela comparativa entre mitose e meiose, apontando as diferenças gerais entre esses dois processos de divisão celular. 8. Consulte o Manual.

9. Em abelhas, a geração de fêmeas ocorre pela fecundação dos óvulos produzidos pela rainha com os espermatozoides dos zangões. Os machos, por sua vez, são gerados por partenogênese, fenômeno em que óvulos não fecundados por outro gameta desenvolvem-se, dando origem a adultos, no caso a zangões.

Sabendo disso, classifique as células e os organismos abaixo como diploides ou haploides, acrescentando uma breve justificativa em cada caso.

Abelha-rainha | **Zigoto** | **Abelha-operária**
Zangão | **Óvulo** | **Espermatozoide**

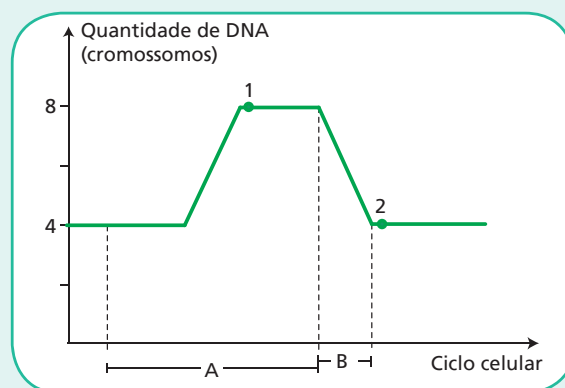
9. Diploides: rainha, abelha-operária e zigoto. Haploides: zangão, óvulo e espermatozoides. Óvulo e espermatozoides são gametas (haploides) e o zangão se desenvolve diretamente do óvulo.

10. Ainda considerando o desenvolvimento das abelhas, que tipo de divisão celular dá origem aos óvulos? E aos espermatozoides? Justifique sua resposta.

11. Como podemos distinguir a citocinese em uma célula animal e em uma célula vegetal?
11. Em célula animal é centrípeta e em célula vegetal é centrífuga.

Trabalhando com gráficos

12. Considere o gráfico esboçado a seguir, que relaciona a quantidade de moléculas de DNA (cromossomos) em uma célula ao longo do tempo.
10. Óvulos: por meiose, pois as células somáticas das fêmeas são diploides; espermatozoides: por mitose, pois as células somáticas dos machos são haploides.

Quantidade de DNA (cromossomos)
8
4
1
2
A
B
Ciclo celular

Maps World/Arquivo da editora

a. A célula analisada sofreu divisão celular? Justifique sua resposta. 12. a) Sim. O DNA foi duplicado.

b. O que o intervalo de tempo "B" do gráfico representa? Justifique. 12. b) A citocinese. Há 8 cromossomos no início, que são separados pela divisão do citoplasma, ficando 4 em cada nova célula.

c. O intervalo de tempo "A" pode ser dividido em fases. Que fases são essas? Indique os eventos mais importantes de cada uma delas. 12. c) Veja subsídios no Manual.

d. No intervalo de tempo "A", a célula está em repouso. Você concorda com essa afirmação? Justifique sua resposta. 12. d) Não, pois a célula na interfase está em intenso metabolismo.

e. No ponto 1 do gráfico, a célula apresenta uma quantidade maior de DNA (8 cromossomos), pois houve duplicação dos cromossomos. Em 2, a quantidade de DNA na célula volta a ser de 4 cromossomos. Surge a seguinte questão: o que aconteceu com os outros 4 cromossomos que surgiram a partir da duplicação?
12. e) Foram para a outra célula.

Ciência, Tecnologia e Sociedade

13. Resposta pessoal. Veja comentários no Manual.

13. Os exames pré-natais são de importância fundamental para garantir uma gestação saudável, que trará conforto e outros benefícios tanto para a gestante quanto para o feto. Existem testes que permitem saber durante a gestação se o feto apresenta anomalias cromossômicas, como as síndromes relatadas neste capítulo. Discuta com seus colegas a respeito da importância desse tipo de exame e do aconselhamento do casal que tem filho(s) com síndrome de origem cromossômica. Depois escreva no caderno os principais pontos discutidos.

14. Vimos neste capítulo como é a determinação do sexo biológico na espécie humana. O sexo biológico não está necessariamente relacionado à orientação sexual e à identidade de gênero de uma pessoa. A orientação sexual refere-se ao desejo ou atração, que pode ser por pessoas do mesmo sexo, do sexo oposto ou de ambos. A identidade de gênero, por sua vez, refere-se à maneira como uma pessoa se reconhece e se apresenta, incluindo o jeito de agir, vestir, andar, falar e outros aspectos.

17. a) Formação de gametas anormais (100%), alguns portando um par de cromossomos e outros sem cromossomos.
17. b) Gametas normais (50%) e gametas anormais (50%), sendo que metade desses gametas apresentará um cromossomo duplicado (n + 1) e metade não terá cromossomo (n – 1).

Sobre este tema, faça uma pesquisa e selecione uma reportagem de jornal, *site* ou revista que você ache interessante. O professor vai organizar uma roda de conversa com a turma, na qual você pode contar sobre a reportagem selecionada e discuti-la com os colegas. Conversem a respeito da importância da informação e do combate ao preconceito, analisando o que observam em sua escola e comunidade.

14. Veja comentários no Manual.

Questões do Enem e de vestibulares

15. (Enem-2011 – mod.) [...] Em 1958, Meselson e Stahl realizaram experimentos utilizando isótopos pesados de nitrogênio que foram incorporados às bases nitrogenadas para avaliar como se daria a replicação da molécula. A partir dos resultados, confirmaram o modelo sugerido por Watson e Crick, que tinham como premissa básica o rompimento das pontes de hidrogênios entre as bases nitrogenadas.

Fonte: GRIFFITHS, A. J. F. et al. *Introdução à Genética*. RJ: Guanabara Koogan, 2002.

Considerando a estrutura da molécula de DNA e a posição das pontes de hidrogênio na mesma, os experimentos realizados por Meselson e Stahl a respeito da replicação dessa molécula levaram à conclusão de que:

a. A replicação do DNA é conservativa, isto é, a fita dupla filha é recém-sintetizada e o filamento parental é conservado.

b. A replicação do DNA é dispersiva, isto é, as fitas filhas contêm DNA recém-sintetizado e parentais em cada uma das fitas.

c. A replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita parental e uma recém-sintetizada. 15. c

d. A replicação do DNA é conservativa, isto é, as fitas filhas consistem de moléculas de DNA parental.

e. A replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita molde e uma fita codificada.

16. (Enem-2015) O formato das células de organismos pluricelulares é extremamente variado. Existem células discoides, como é o caso das hemácias, as que lembram uma estrela, como os neurônios, e ainda algumas alongadas, como as musculares.

Em um mesmo organismo, a diferenciação dessas células ocorre por:

a. produzirem mutações específicas.

b. possuírem DNA mitocondrial diferentes.

c. apresentarem conjunto de genes distintos.

d. expressarem porções distintas do genoma. 16. d

e. terem um número distinto de cromossomos.

17. (UFG-GO) A meiose é um processo reducional no qual uma célula origina quatro gametas. Considerando um par de cromossomos homólogos dessa célula, descreva o que ocorre com os gametas gerados a partir:

a. da não disjunção nesse par de cromossomo somente na meiose I;

b. de uma não disjunção nesse par de cromossomo somente na meiose II.

18. (Enem-2015) A cariotipagem é um método que analisa células de um indivíduo para determinar seu padrão cromossômico. Essa técnica consiste na montagem fotográfica, em sequência, dos pares de cromossomos e permite identificar um indivíduo normal (46, XX ou 46, XY) ou com alguma alteração cromossômica. A investigação do cariótipo de uma criança do sexo masculino com alterações morfológicas e comprometimento cognitivo verificou que ela apresentava fórmula cariotípica 47, XY, +18.

A alteração cromossômica da criança pode ser classificada como

a. estrutural, do tipo deleção.

b. numérica, do tipo euploidia.

c. numérica, do tipo poliploidia.

d. estrutural, do tipo duplicação.

e. numérica, do tipo aneuploidia. 18. e

19. (UFRJ) A tabela abaixo apresenta o conteúdo total médio de DNA, em 10-12 g/núcleo, encontrado nos núcleos de vários tipos de células de diversos animais.

19. Os espermatozoides são células haploides.

	Células			
Animais	Espermatozoides	a	b	c
Boi	3,42	6,80	7,05	6,63
Galinha	1,26	2,58	2,65	2,28
Sapo	3,70	7,33	7,45	7,50
Carpa	1,64	3,49	3,33	3,03

Explique por que existe mais DNA por núcleo nas células **a**, **b** e **c** do que nos espermatozoides.

20. (Unesp) A figura representa uma anáfase de uma célula diploide animal.

Essa célula está em mitose ou em meiose? Justifique, informando o número diploide de cromossomos em uma célula somática desse animal.

Maps World/Arquivo da editora

20. Anáfase II da meiose. O número cromossômico da célula somática é 6 (2n = 6).

UNIDADE 3

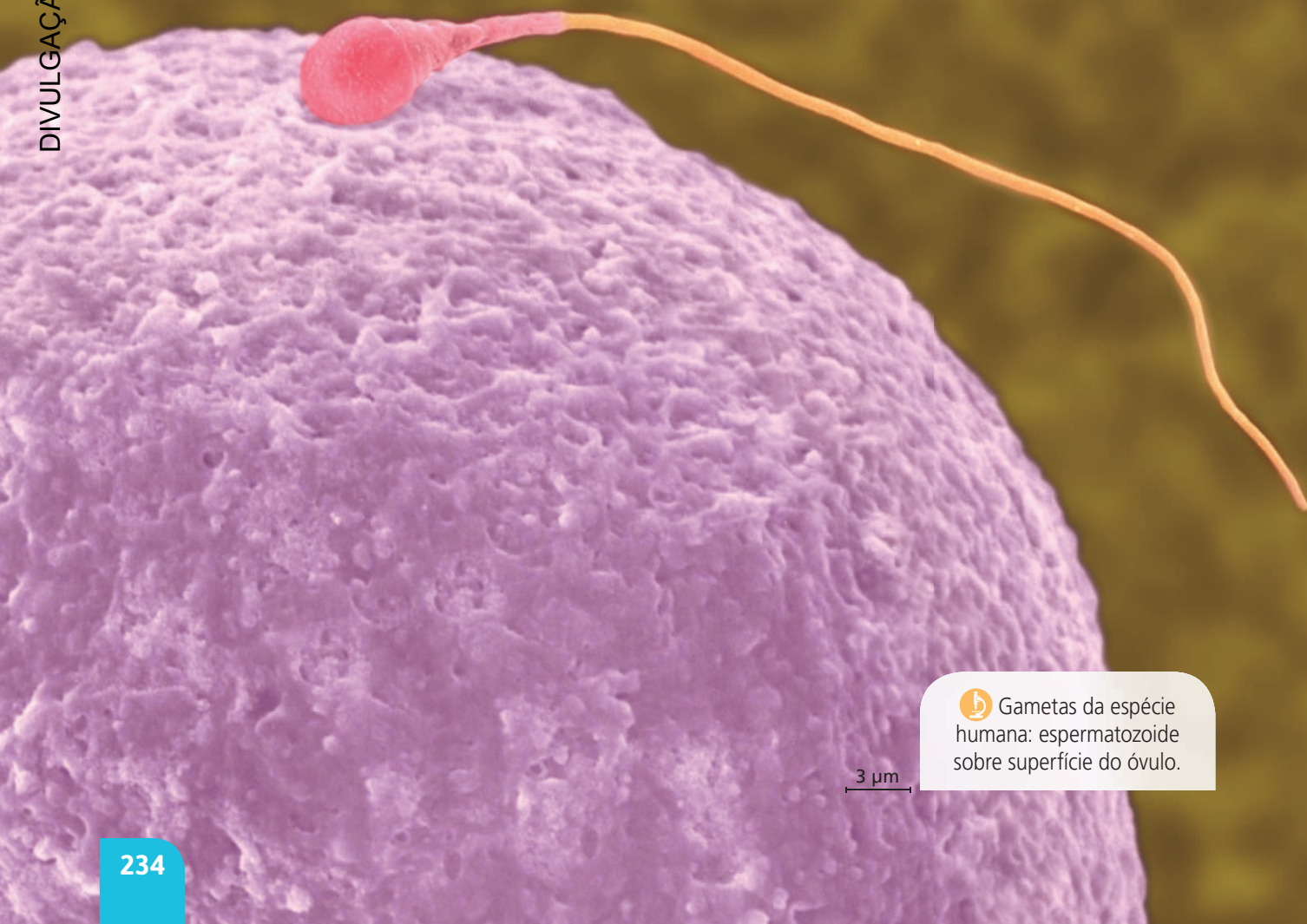
Embriologia e histologia animal

OBJETIVOS GERAIS DA UNIDADE

ABERTURA DA UNIDADE

Entre outras questões, vamos estudar as seguintes:

- **O que são gametas?**
- **Por que o estudo das células-tronco é tão importante?**
- **De que forma a alimentação e os hábitos de uma gestante podem influenciar o desenvolvimento de um embrião?**
- **Qual é a diferença entre gêmeos monozigóticos e dizigóticos?**
- **Como surgem os diferentes tecidos de um corpo?**

3 μm

Gametas da espécie humana: espermatozoide sobre superfície do óvulo.

capítulo 11

Embriologia animal

COMENTÁRIOS GERAIS

DIVULGAÇÃO PNLD

1 Gametogênese

Neste capítulo analisaremos a **gametogênese**, que é a formação dos gametas, e a **embriologia** animal, que corresponde ao estudo do desenvolvimento de um organismo a partir da célula inicial. No próximo capítulo, analisaremos a **histologia**, o estudo dos tecidos.

Nos animais, os gametas masculinos são chamados **espermatozoides** e os gametas femininos, **óvulos**. Os gametas são formados em órgãos especializados denominados **gônadas**. Existem, portanto, dois tipos de gônadas:

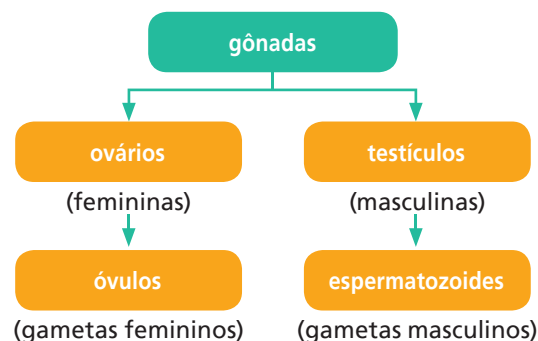
- femininas – os **ovários**;
- masculinas – os **testículos**.

Os ovários produzem óvulos e os testículos produzem espermatozoides.

Analisaremos os dois tipos de gametogênese:

- **ovogênese** (ou **ovulogênese**) – origem e formação do **óvulo**;
- **espermatogênese** – origem e formação do **espermatozoide**.

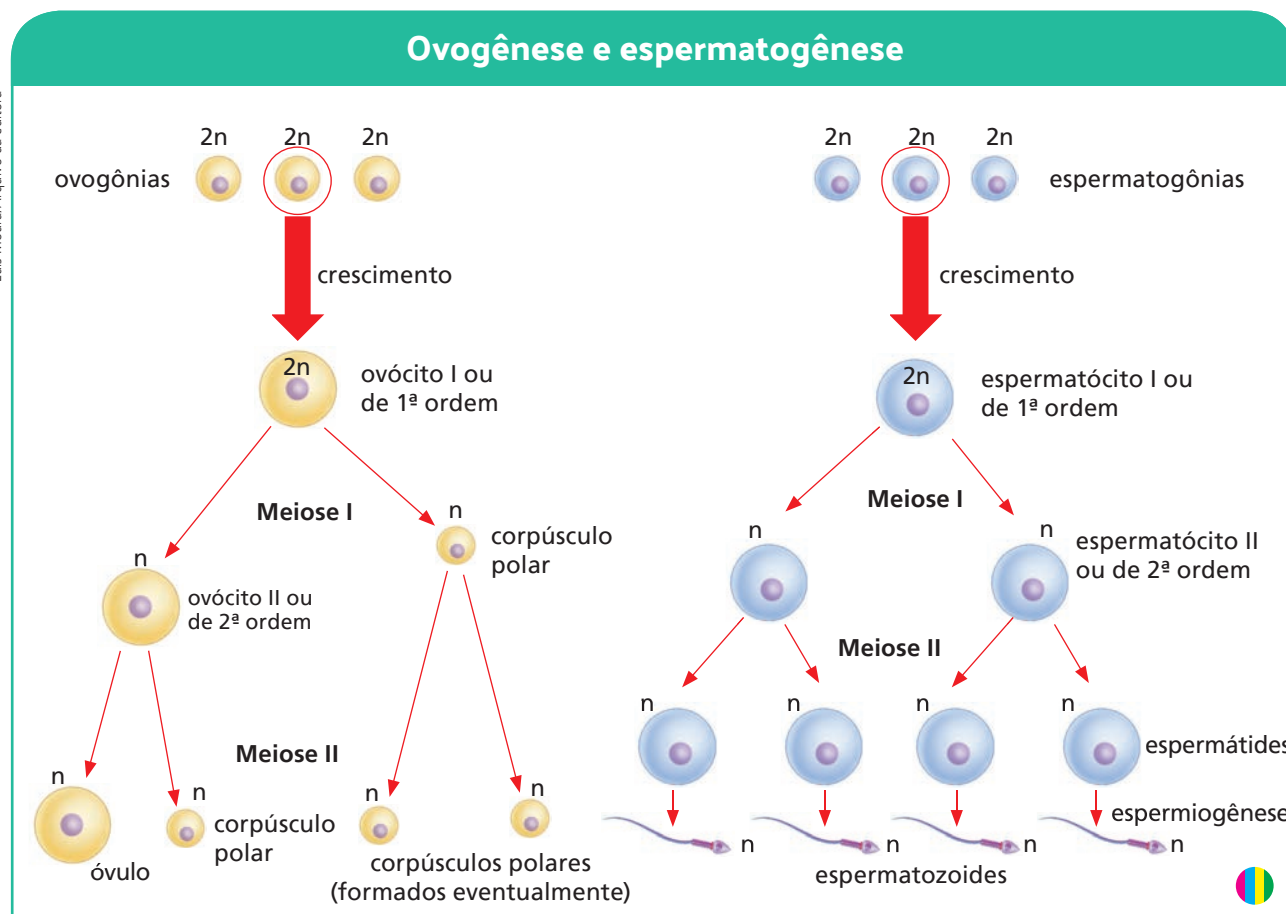
Vamos ter, a seguir, uma visão geral desses dois processos. Contudo, é importante lembrar que existem diversas estratégias reprodutivas entre os animais e que os detalhes da ovogênese e da espermatogênese variam de acordo com a espécie.

Em muitas espécies de anfíbios, por exemplo, as fêmeas produzem centenas de óvulos a cada estação reprodutiva, a partir de células que se dividem continuamente ao longo da vida do animal. Em comparação, as fêmeas de mamíferos produzem poucos óvulos ao longo de sua vida. Na espécie humana, a mulher já nasce com um determinado número de células precursoras de óvulos; muitas dessas células morrem e degeneram ao longo dos anos e poucos gametas femininos são efetivamente produzidos por uma mulher.

DK Limited/Corbis/Latinstock

Rã fêmea ao lado de massa de ovos gelatinosos. Essa rã mede cerca de 13 cm de comprimento.

É importante verificar a compreensão dos alunos quanto ao termo "ovo", usado para identificar o zigoto e, para diversas espécies, também a estrutura reprodutiva que armazena o embrião. Veja mais comentários no Manual.

Vamos iniciar o estudo da gametogênese considerando a espécie humana e as características dos gametas produzidos pelos homens e pelas mulheres. Tanto os óvulos quanto os espermatozoides são células haploides, mas formam-se a partir de células somáticas diploides chamadas, respectivamente, **ovogônias** e **espermatogônias**. Observe nos esquemas a seguir as principais fases do desenvolvimento dessas células diploides, até a formação dos gametas haploides.

Ovogênese e espermatogênese

Compare os esquemas da **ovogênese** (à esquerda) e da **espermatogênese** (à direita). As setas indicam a sequência de etapas, mas não a duração de cada fase.

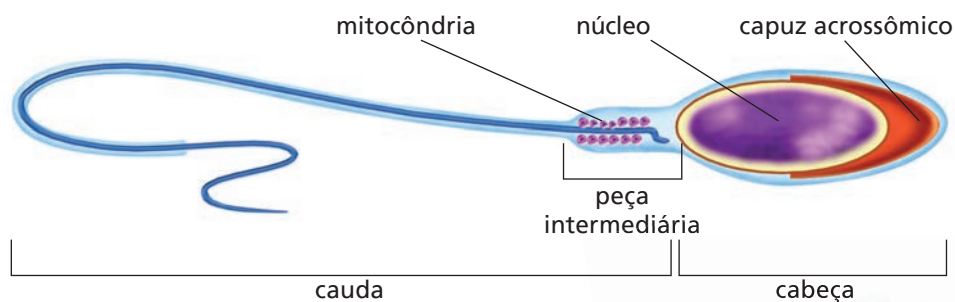
A **ovogênese** só se completa se houver a fecundação. Quando a fecundação não ocorre, a ovogênese não se completa e de cada ovogônia forma-se um **ovócito II** e um **corpúsculo polar**. Caso o espermatozoide inicie o processo de fecundação, assim que ele penetra o ovócito II, a meiose II é finalizada e forma-se o óvulo por curto intervalo de tempo. A seguir, ocorre a fusão do material genético do óvulo com o do espermatozoide, dando origem ao ovo ou zigoto. Na ovogênese, portanto, caso o processo de fecundação seja iniciado, de cada ovogônia formam-se um **óvulo** e três corpúsculos polares. Em alguns casos, os corpúsculos polares não chegam a se formar; quando formados, logo degeneram. Somente o óvulo é funcional.

Na **espermatogênese**, cada espermatogônia dá origem a quatro espermatozoides e ela se completa independentemente do estímulo da fecundação. Nesse processo há uma fase final que não existe na ovogênese: a **espermiogênese**, em que ocorre a formação dos **espermatozoides**. Cada espermátide, célula haploide arredondada, dá origem a um espermatozoide.

Veja nas imagens a seguir que o espermatozoide possui aspecto característico. Podemos considerar duas regiões no espermatozoide: a **cabeça** e a **cauda**.

Espermatozoide humano

Luis Moura/Arquivo da editora

mitocôndria
núcleo
capuz acrossômico
peça intermediária
cauda
cabeça

Esquema de **espermatozoide**, que mede cerca de 65 µm de comprimento.

Eye of Science/SPL/Latinstock

Espermatozoide.

A cauda é um flagelo modificado, formado a partir do centríolo. Ela é responsável pelo deslocamento do espermatozoide, realizado à custa da energia fornecida pelas mitocôndrias, que se localizam em uma região da cauda chamada **peça intermediária**.

Na cabeça situa-se o núcleo, que contém os cromossomos.

Na parte anterior da cabeça há uma região denominada **capuz acrossômico** (ou acrossomo), que se forma por modificação do complexo golgiense. Nele estão as enzimas, cuja função é digerir a membrana do óvulo, possibilitando, assim, a fecundação.

O óvulo é, como regra geral, uma célula imóvel, sem estruturas próprias para o deslocamento, e bem maior do que o espermatozoide. O óvulo possui, além do núcleo haploide, o citoplasma rico em organelas e um revestimento externo à membrana plasmática, que protege a célula. Veja a seguir uma foto e um esquema de um óvulo humano.

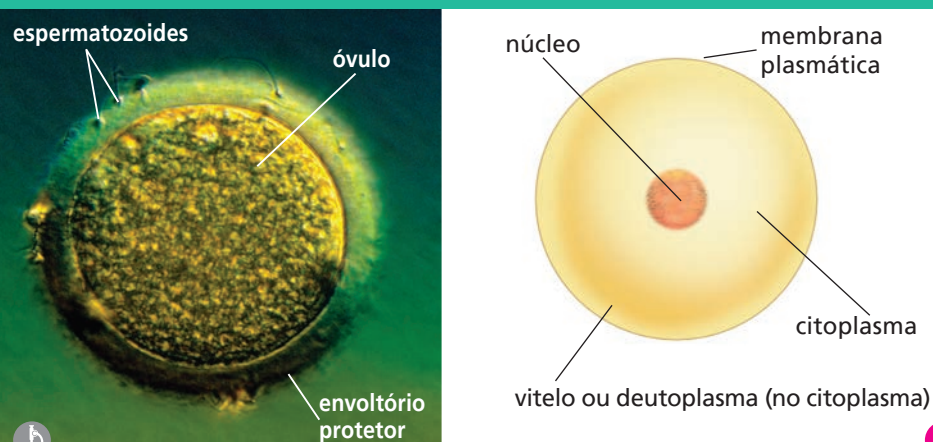
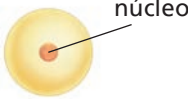
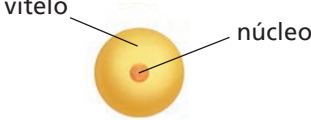
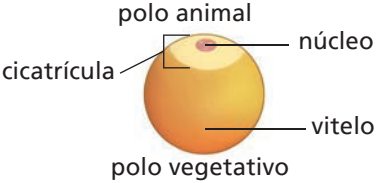
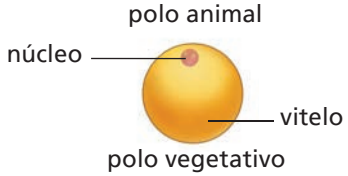
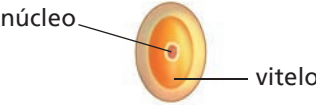
O envoltório protetor do óvulo de mamíferos chama-se zona pelúcida. Veja mais comentários no Manual.

Óvulo humano

Dr. Yorgos Nikas/SPL/Latinstock

espermatozoides
óvulo
envoltório protetor

Luis Moura/Arquivo da editora

núcleo
membrana plasmática
citoplasma
vitelo ou deutoplasma (no citoplasma)

Veja na imagem de microscopia o **óvulo produzido pela mulher**, com alguns espermatozoides em seu redor. A ilustração mostra as regiões desse gameta, não visíveis ao microscópio óptico. Mede cerca de 200 µm de diâmetro.

Além de organelas, o citoplasma do óvulo possui **vitelo**, uma substância orgânica que serve de alimento ao embrião.

A quantidade de vitelo varia nos diferentes tipos de óvulos produzidos pelos animais; sua localização também varia em relação ao citoplasma e ao núcleo. Os óvulos das mulheres e da maioria dos outros mamíferos, por exemplo, apresentam uma quantidade muito pequena de vitelo.

Veja alguns tipos de óvulos na tabela a seguir.

Tipos de óvulo			
Óvulo	**Característica**	**Ocorrência**	**Esquema**
Alécito	Praticamente desprovido de vitelo.	Na maioria dos mamíferos	núcleo
Oligolécito (Isolécito)	Pouco vitelo, distribuído de forma relativamente homogênea pelo citoplasma.	Cefalocordados e equinodermos	vitelo; núcleo
Telolécito	Grande, com muito vitelo no polo vegetativo e sem vitelo no polo animal, formando a cicatrícula.	Aves, répteis e alguns peixes	polo animal; núcleo; cicatrícula; vitelo; polo vegetativo
Heterolécito	Muito vitelo, bem mais concentrado no polo vegetativo do que no polo animal.	Anfíbios e alguns peixes	polo animal; núcleo; vitelo; polo vegetativo
Centrolécito	Vitelo em toda a célula, com exceção da região próxima à membrana e ao redor do núcleo, que é central.	Insetos	núcleo; vitelo

Luis Moura/Arquivo da editora

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

PENSE E RESPONDA

Consultando o glossário etimológico, explique o significado do nome de cada tipo de óvulo, relacionando-o a suas características.

Alécito: *a*= sem; *lécito* = vitelo. Oligolécito: *oligo* = pouco vitelo. Isolécito: *iso* = igual, referindo-se à distribuição uniforme de vitelo. Telolécito: *telo* = fim, extremidade. Heterolécito: *hetero* = diferente, referindo-se à distribuição heterogênea do vitelo. Centrolécito: *centro* = meio, centro, referindo-se à concentração de vitelo no centro do óvulo.

2 Fecundação

Fecundação é a união do espermatozoide ao óvulo, formando a **célula-ovo** ou **zigoto**. O zigoto é, portanto, uma célula diploide, pois contém cromossomos originados do pai e cromossomos originados da mãe.

O zigoto sofre sucessivas divisões mitóticas, originando novas células diploides e desse desenvolvimento resulta a formação do embrião, que se desenvolverá até o nascimento.

A fecundação é interna em alguns animais e externa em outros. Na espécie humana, por exemplo, a fecundação é interna.

Os animais que realizam fecundação interna podem ser:

a) **vivíparos**: o desenvolvimento ocorre, até o nascimento, dentro do organismo materno, como acontece na espécie humana.

b) **ovíparos**: o desenvolvimento embrionário ocorre dentro do ovo, fora do organismo materno, como acontece com as aves.

c) **ovovivíparos**: o embrião se desenvolve dentro do ovo, mas ainda no organismo materno, até a eclosão. Depois, deixa o corpo materno, de forma semelhante ao que ocorre com os vivíparos verdadeiros. Exemplos: alguns peixes, alguns anfíbios e alguns répteis.

Completada a fecundação, inicia-se o desenvolvimento embrionário.

Veja subsídios no Manual.

Partenogênese

Como regra geral, os indivíduos formam-se, por reprodução sexuada, a partir do zigoto (ovo). Em alguns casos, porém, um óvulo pode se desenvolver sem ser fecundado e dar origem a um novo indivíduo. Esse processo é conhecido por **partenogênese**.

Em abelhas, os óvulos fecundados originam fêmeas e os não fecundados (partenogenéticos) formam machos (zangões). Em uma colmeia, além da rainha existe um número muito grande de fêmeas operárias, que não se reproduzem.

0,8 cm

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Abelhas na colmeia. No círculo está a rainha, que possui abdômen maior.

Normalmente, a rainha e o zangão voam para copular, ocorrendo, então, a deposição de espermatozoides no sistema reprodutor da rainha. É curioso que os zangões morrem após a cópula. Os espermatozoides permanecem vivos por longo tempo, e vão, aos poucos, fecundando óvulos, que originarão fêmeas. Alguns óvulos não fecundados darão origem a machos.

Com o tempo, esgota-se o estoque de espermatozoides no sistema reprodutor da rainha e ocorre um fenômeno conhecido por arrenotoquia: algumas fêmeas velhas produzem apenas zangões, pois seus óvulos não são fecundados, por falta de espermatozoides.

A partenogênese também ocorre em alguns outros invertebrados, mas é um processo raro entre os vertebrados. Um exemplo muito curioso é o de alguns lagartos, como os da espécie *Cnemidophorus nativo*, conhecida por calango-da-restinga, que vive nas matas do sul da Bahia e norte do Espírito Santo. Eles são exclusivamente partenogenéticos: cada fêmea produz óvulos geneticamente idênticos às suas próprias células, e desses óvulos se desenvolvem novos indivíduos, sem fecundação. Assim, por serem exclusivamente partenogenéticos, todos os lagartos dessa espécie são fêmeas.

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

A fecundação ou fertilização *in vitro* é uma tecnologia que possibilita a um casal com dificuldades reprodutivas gerar filhos. Busquem informações a respeito da técnica, suas vantagens, riscos e questões éticas envolvidas. Usem tais informações para produzir um vídeo ou uma história em quadrinhos sobre um casal que busca orientação sobre o procedimento.

Mauro Teixeira Jr/Acervo do fotógrafo

O **calango-da-restinga** mede cerca de 30 cm de comprimento. Essa espécie, que se reproduz apenas por partenogênese, está atualmente ameaçada de extinção.

3 Fases do desenvolvimento embrionário

Após a fecundação, a célula-ovo ou zigoto passa a sofrer sucessivas divisões mitóticas, dando origem a várias células, que permanecem unidas.

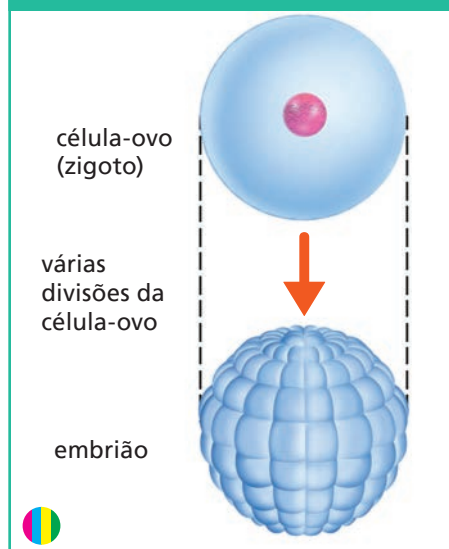
O desenho esquemático ao lado representa o que acontece após as primeiras divisões celulares sofridas pelo zigoto: significativo aumento do número de células, mantendo-se a dimensão inicial ocupada pelo zigoto. Esse processo, em que o volume não aumenta, embora as células se multipliquem, caracteriza a **segmentação** ou **clivagem**.

A fase seguinte do desenvolvimento embrionário é a **gastrulação**. Nessa fase, o aumento do número de células é acompanhado pelo aumento do volume total. Na gastrulação ocorre a formação dos folhetos embrionários (folhetos germinativos), que darão origem aos diversos tecidos do organismo em formação. A diferenciação desses tecidos (originados dos folhetos) e dos órgãos formados por eles constitui a fase conhecida por **organogênese**.

Segmentação

célula-ovo (zigoto)

várias divisões da célula-ovo

embrião

Luis Moura/Arquivo da editora

Esquema da **segmentação**, mostrando o início (o zigoto) e a fase final dessa etapa do desenvolvimento embrionário.

RECORDE-SE

Fases do desenvolvimento embrionário

- **segmentação**: multiplicação celular, sem aumento do volume total;
- **gastrulação**: formação dos folhetos embrionários, em um processo de multiplicação celular com aumento do volume total;
- **organogênese**: diferenciação dos tecidos e formação dos órgãos.

3.1 Segmentação

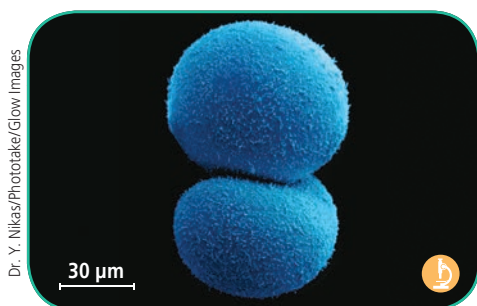
Como a distribuição do vitelo varia nos diferentes tipos de ovo, a divisão também varia, permitindo considerar dois tipos básicos de segmentação:

- **holoblástica** – ocorre em todo o ovo;
- **meroblástica** – ocorre em parte do ovo, somente na região que não possui vitelo, chamada **cicatrícula.** É nesta região que está o núcleo do zigoto.

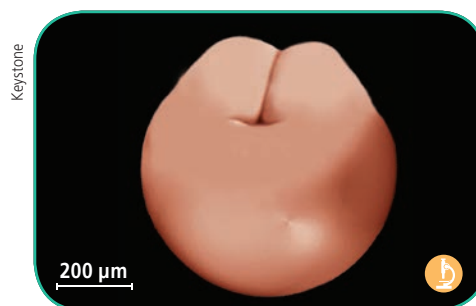
Esses dois tipos de segmentação são mostrados nas imagens a seguir.

Os ovos que apresentam segmentação holoblástica são os alécitos, os isolécitos (oligolécitos) e os heterolécitos; os que apresentam segmentação meroblástica são os telolécitos e os centrolécitos.

Dr. Y. Nikas/Phototake/Glow Images

30 μm

Segmentação holoblástica em ovo humano. Formam-se duas células embrionárias, de dimensões semelhantes.

Keystone

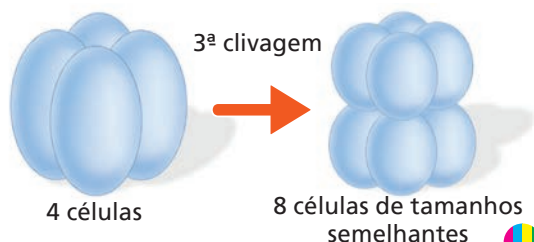
200 μm

Segmentação meroblástica em ovo de peixe: observe como apenas parte do ovo sofre a primeira clivagem.

Segmentação holoblástica igual

Luis Moura/Arquivo da editora

4 células

3ª clivagem

8 células de tamanhos semelhantes

Esquema representando a **segmentação holoblástica igual** em células provenientes de um ovo isolécito (como o ovo humano).

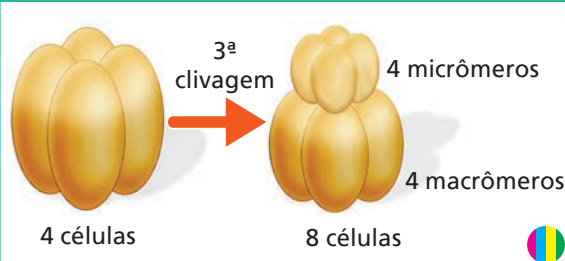
Segmentação holoblástica desigual

Luis Moura/Arquivo da editora

4 células

3ª clivagem

4 micrômeros

4 macrômeros

8 células

Esquema representando a **segmentação holoblástica desigual**, que ocorre em ovos heterolécitos, devido à distribuição desigual de vitelo.

Segmentação holoblástica

A **segmentação holoblástica** pode formar células de tamanhos iguais ou diferentes entre si. Essa condição é definida na terceira clivagem. Quando as células formadas são do mesmo tamanho, a segmentação é **holoblástica igual**. Esse processo ocorre, portanto, em ovos alécitos e isolécitos.

Quando a terceira clivagem forma células de dois tamanhos diferentes, podem ocorrer dois tipos de segmentação: a **subigual**, em que a diferença entre as células não é muito grande, e a **desigual**, em que a diferença é grande. Nesses casos, as células menores são chamadas **micrômeros** e as maiores **macrômeros**. Embriões com micrômeros e macrômeros são formados a partir de ovos heterolécitos.

RECORDE-SE

Segmentação holoblástica

- **igual**: as células formadas são do mesmo tamanho. Ocorre em ovos alécitos e isolécitos;
- **desigual:** as células formadas na terceira clivagem possuem tamanhos com diferença acentuada. Ocorre nos ovos heterolécitos;
- **subigual:** as células formadas são de dois tamanhos diferentes, mas a diferença não é muito acentuada. Ocorre em alguns ovos isolécitos e não está representada aqui.

Segmentação meroblástica

A **segmentação meroblástica** ocorre nos ovos telolécitos e centrolécitos. Como a disposição do vitelo é diferente nesses dois tipos de ovos, a segmentação que ocorre neles também é diferente. Existem, assim, dois tipos de segmentação meroblástica: a **discoidal** e a **superficial**.

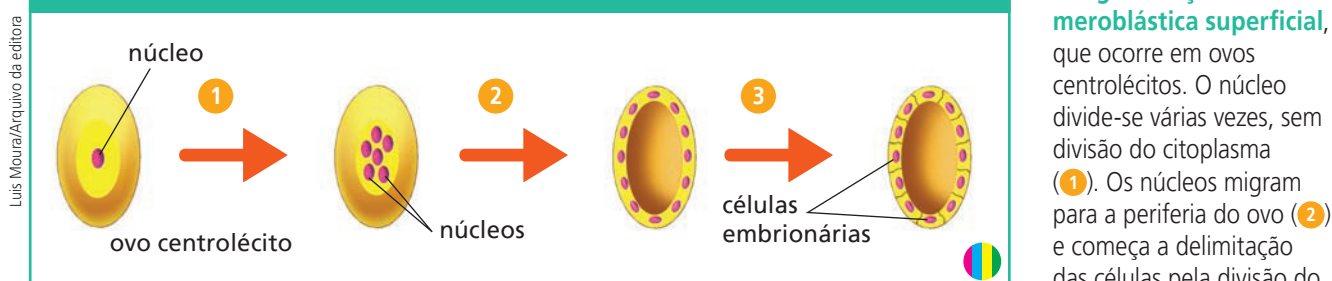
Na segmentação discoidal as divisões ocorrem na região da cicatrícula, formando um disco de células, característica que deu o nome a esse tipo de segmentação (discoidal).

Segmentação meroblástica discoidal

Esquema representando a **segmentação meroblástica discoidal**, que ocorre em ovos telolécitos.

A segmentação superficial tem esse nome porque as células embrionárias distribuem-se pela superfície do ovo, ficando o vitelo no seu interior.

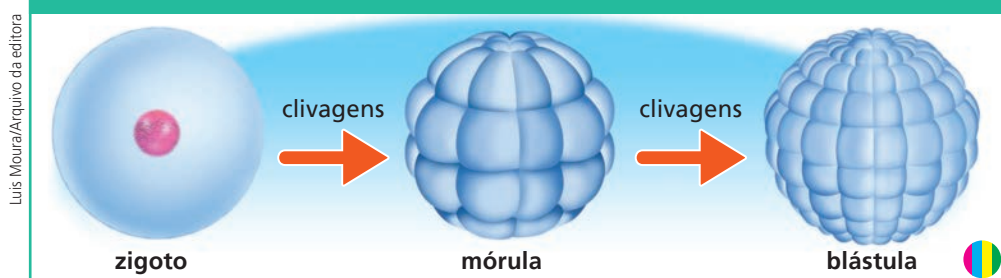
Segmentação meroblástica superficial

Esquema representando a **segmentação meroblástica superficial**, que ocorre em ovos centrolécitos. O núcleo divide-se várias vezes, sem divisão do citoplasma (1). Os núcleos migram para a periferia do ovo (2) e começa a delimitação das células pela divisão do citoplasma (3).

Fases da segmentação

Como regra geral, a segmentação ocorre segundo as duas fases mostradas no esquema abaixo.

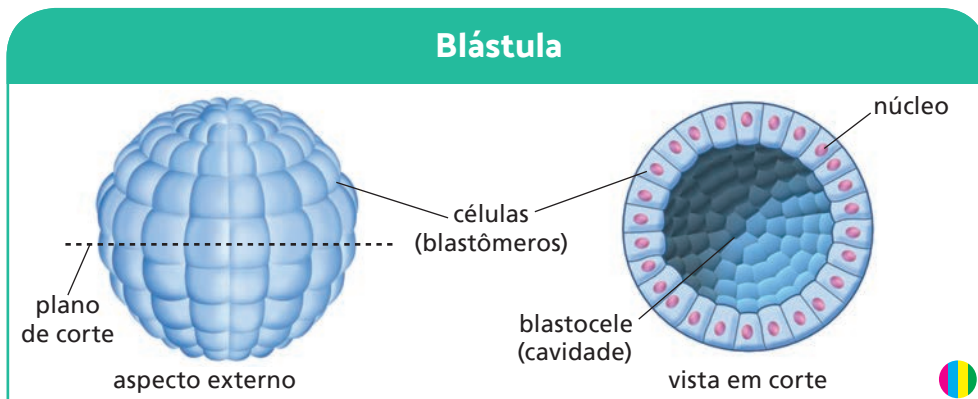
Fases da segmentação

Esquema representando a **segmentação em ovo isolécito**. Observe que o número de células aumenta, mas a estrutura permanece com as dimensões aproximadas do ovo.

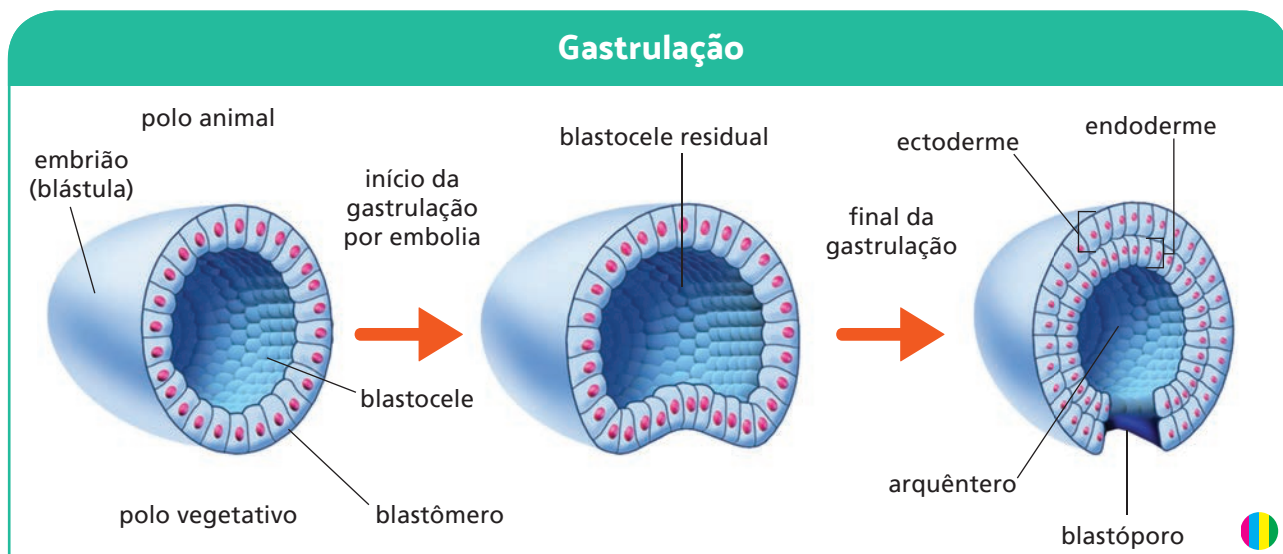
SUGESTÃO DE ATIVIDADE

Ao final da primeira fase forma-se a **mórula**, constituída por um maciço de células. As células da mórula continuam a sofrer divisões mitóticas, gerando a **blástula**. A mórula e a blástula são os estágios iniciais do embrião.

As células que formam a blástula, denominadas **blastômeros**, são bem menores do que as da mórula e secretam um líquido que se acumula no interior do embrião, formando e preenchendo uma cavidade central, chamada **blastocele**.

Blástula

Esquema representando a **blástula**, em seu aspecto externo e em corte transversal. O esquema baseia-se nos embriões provenientes de ovos isolécitos.

3.2 Gastrulação

Após a formação da blástula, inicia-se a **gastrulação**, processo em que as células embrionárias continuam a se dividir, ocorrendo aumento do volume total. Ao final desta fase, forma-se a **gástrula**.

A gastrulação varia na dependência do tipo de segmentação. Vamos ver, como exemplo, a gastrulação em embriões que apresentam segmentação holoblástica.

Gastrulação

Esquema representando a **gastrulação** em embrião derivado de um ovo isolécito. Nesse tipo de gastrulação ocorre embolia: invaginação dos blastômeros para o interior da blastocele, que desaparece. O embrião está representado em corte transversal.

Como mostra o esquema, no embrião em fase de blástula podemos distinguir o polo animal e o polo vegetativo. No início da gastrulação, ocorre uma invaginação do polo vegetativo, como se essas células fossem empurradas para a região interna do embrião. Essa invaginação é possível porque a velocidade com que essas células se multiplicam é menor do que a velocidade de multiplicação das células do polo animal.

A insinuação das células do polo vegetativo na blastocele é a característica que deu a esse tipo de gastrulação o nome de **gastrulação por invaginação** ou **por embolia**.

Em função da invaginação, a blastocele diminui de volume e ocorre a delimitação de um novo espaço, o **arquêntero** (intestino primitivo).

A blastocele pode diminuir muito, a ponto de praticamente desaparecer. O arquêntero mantém um orifício de comunicação com o exterior, denominado **blastóporo**.

Sendo o blastóporo um orifício que comunica o intestino primitivo (arquêntero) com o exterior, ele tanto pode dar origem ao ânus quanto à boca, que são os dois orifícios que, no adulto, comunicam o sistema digestório com o exterior. Essas duas possibilidades permitem considerar dois tipos de animais:

- **protostômios** – aqueles nos quais o blastóporo dá origem à boca ou à boca e ao ânus;
- **deuterostômios** – aqueles nos quais o blastóporo dá origem ao ânus, nunca dando origem à boca.

Na gastrulação formam-se os **folhetos germinativos**. Nesse momento da gastrulação, observamos dois deles: a **ectoderme** e a **endoderme**. A ectoderme é o folheto externo e a endoderme é o folheto interno, que delimita o arquêntero.

Os animais que possuem apenas dois folhetos germinativos são chamados **diblásticos**, como é o caso dos cnidários, representados pelas águas-vivas e anêmonas.

Nos demais animais, entretanto, há diferenciação de um terceiro folheto germinativo que se dispõe entre a ectoderme e a endoderme. Esse folheto recebe o nome de **mesoderme**. Nesses casos, os animais são chamados **triblásticos**.

Veja a seguir alguns exemplos de animais diblásticos, triblásticos protostômios e triblásticos deuterostômios.

PENSE E RESPONDA

1. Consulte o glossário etimológico e verifique o significado de **protostômio** e **deuterostômio**. Anote-os em seu caderno.
2. Verifique no glossário etimológico o significado dos prefixos **ecto**, **endo** e **meso**.

1. Protostômio: boca (*estoma*) primária (*proto*). Deuterostômio: boca secundária (*deutero*).

2. (*Ecto*) externo; (*meso*) intermediário; (*endo*) interno.

Animais triblásticos protostômios

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Minhoca, um anelídeo.

Photodisc/Arquivo da editora

Aranha, um artrópode do grupo dos aracnídeos.

Photodisc/Arquivo da editora

Joaninha, um artrópode do grupo dos insetos.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Polvo, um molusco.

Reinhard Dirscherl / Imagebroker / Glow Images

Animais triblásticos deuterostômios

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Estrela-do-mar, um equinodermo (invertebrado).

Photodisc/Arquivo da editora

Sapo, um anfíbio (vertebrado).

Photodisc/Arquivo da editora

Canário, uma ave (vertebrado).

Corel/Arquivo da editora

Garoupa, um peixe, (vertebrado).

Photodisc/Arquivo da editora

Animal diblástico

Água-viva, um cnidário (invertebrado).

Edson Grandisoli/Pulsar Imagens

Getty Images

^ **Anfioxo** adulto, animal aquático com cerca de 6 cm de comprimento.

CURIOSIDADE

O **anfioxo** vive junto às praias dos mares quentes ou temperados. Ocorre no Brasil, mas é um animal que não encontramos com facilidade em nossas praias. Entretanto, é apreciado como alimento desde o Mediterrâneo até o Mar da China, onde é apanhado em grande quantidade. O anfioxo vive meio enterrado na areia, com a parte superior do corpo emergida verticalmente. Movimenta-se pouco, porque é mau nadador. Quando é perturbado, ziguezagueia rapidamente, quase sem sair do lugar, e volta a enterrar-se na areia.

3.3 Organogênese

Assim como a gastrulação, o processo de **organogênese** ocorre de diferentes maneiras nos animais, e não analisaremos essas variações. Discutiremos apenas o que acontece de forma geral na organogênese dos cordados, tomando como exemplo um modelo bastante simplificado.

Vamos analisar a organogênese em dois momentos: no primeiro, falaremos da **neurulação**, processo que corresponde à formação do tubo neural (por isso o nome) e de outras estruturas. Em seguida, mencionaremos o destino dos folhetos germinativos, com exemplos de tecidos que derivam deles.

Para o estudo da neurulação, usaremos como exemplo o anfioxo, por ser relativamente simples.

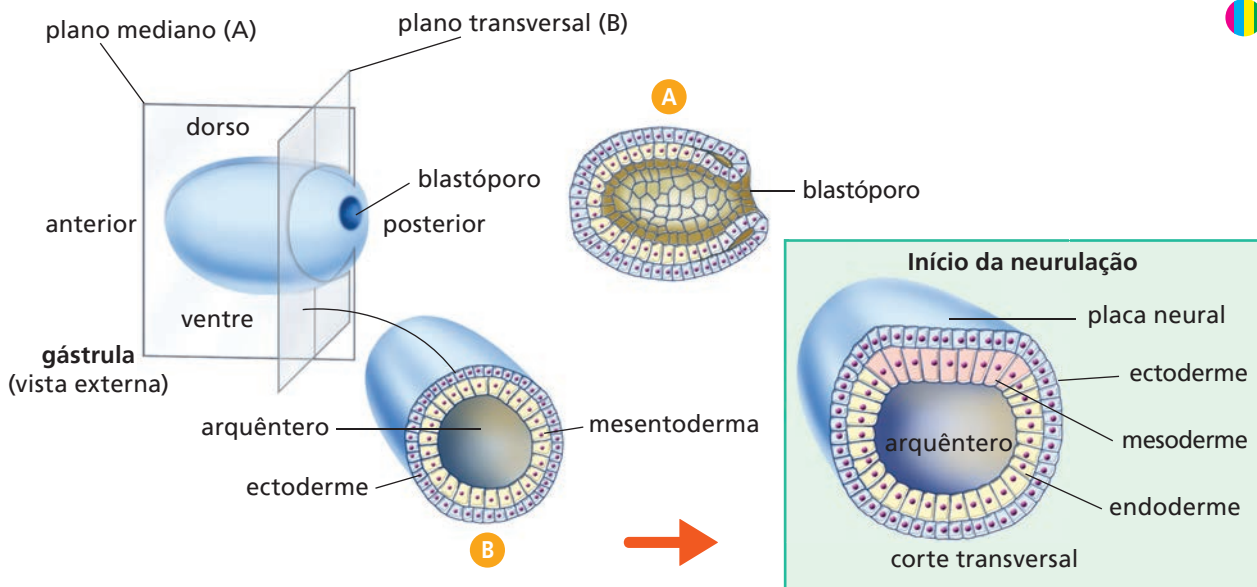
O anfioxo pertence ao grupo dos cordados, animais que possuem **notocorda**, um bastão flexível, de posição dorsal. No grupo dos cordados, estão também os vertebrados, ou seja, os animais que possuem vértebras. Assim, o anfioxo é um cordado não vertebrado, mas parente próximo desse grupo de animais.

Vamos ver, então, como ocorre a neurulação no anfioxo.

Logo ao final da gástrula, duas formações surgem:

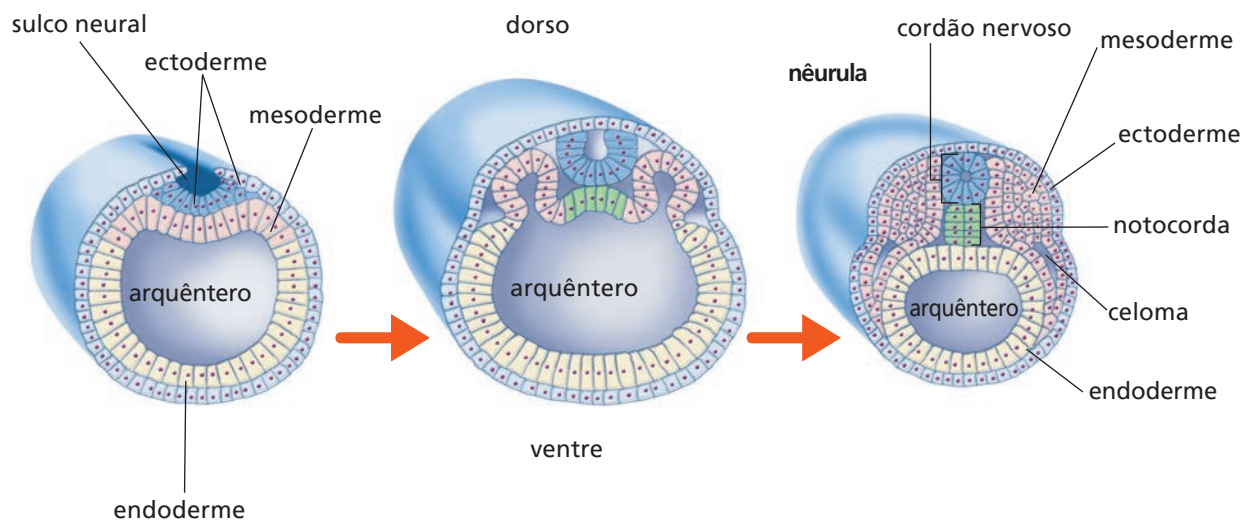
- a **placa neural** – formada pela ectoderme;
- a **notocorda** – formada pela mesoderme.

Anfioxo: folhetos embrionários na gástrula e no início da neurulação

Luis Moura/Arquivo da editora

^ Esquema representando a gástrula e o **início da neurulação em anfioxo**. Observe que no corte transversal (B) o blastóporo não aparece. Forma-se o mesentoderma, folheto embrionário que dará origem à endoderme e à mesoderme a partir do início da neurulação. Nessa fase também surge a placa neural a partir da ectoderme.

Na região da placa neural ocorre uma invaginação que dá origem ao **sulco neural** (ou **goteira neural**), que formará o cordão nervoso no interior do qual há o canal neural. Esse cordão dará origem ao **sistema nervoso**.

Neurulação em anfioxo

Luis Moura/Arquivo da editora

Esquema representando, em corte transversal, três estágios da **neurulação em anfioxo.** Observe, pela correspondência de cores, a formação do cordão nervoso a partir da ectoderme.

O cordão nervoso, de origem ectodérmica, tem posição dorsal em relação à notocorda, que é uma estrutura maciça, de origem mesodérmica.

Como você pode observar na ilustração anterior, a mesoderme delimita uma cavidade interna no corpo que é chamada **celoma**.

Agora que já comentamos como ocorre o processo de neurulação tomando como exemplo o anfioxo, observe a tabela a seguir, na qual vamos comentar os destinos dos folhetos germinativos, que correspondem aos outros processos da organogênese nos vertebrados.

Dopamine/SPL/Latinstock

Embrião humano com cerca de 6 semanas e aproximadamente 12 mm de comprimento. O cordão nervoso se forma na região dorsal.

Destinos dos folhetos embrionários

Folhetos	Exemplos de estruturas que originam
Ectoderme	Epiderme da pele e sistema nervoso
Endoderme	Sistema digestório
Mesoderme	Esqueleto, músculos estriados e não estriados, sistema genital, sistema urinário, pericárdio, músculo cardíaco e demais estruturas.

3.4 Diferenciação celular e desenvolvimento embrionário

Considerando que todas as células de um embrião derivam do zigoto, é possível afirmar que todas apresentam o mesmo patrimônio genético. Assim, como as células embrionárias são capazes de originar os diferentes folhetos embrionários e, posteriormente, todos os tecidos e órgãos do corpo?

Conforme já comentado no capítulo 7, células indiferenciadas originam células diferenciadas, que são especializadas em uma determinada função, pelo processo de **diferenciação celular**. Vamos citar um exemplo: as células embrionárias da ectoderme, que são indiferenciadas, dão origem a diversos tipos de células especializadas, como as células nervosas e as células da epiderme. O que explica a diferença entre essas células especializadas é o conjunto de genes ativos e inativos em cada uma delas. Dessa forma, cada tipo celular apresenta um conjunto de genes ativos que determina a estrutura e função dessas células.

Falamos em **grau de diferenciação** para nos referirmos ao quanto uma célula é especializada. A **potencialidade**, por sua vez, é a capacidade que uma célula tem de gerar outros tipos celulares. Quanto menor o grau de diferenciação, maior a potencialidade da célula. As células da ectoderme apresentam, portanto, um grau de diferenciação menor do que os neurônios e as células da epiderme. No entanto, a ectoderme apresenta maior grau de diferenciação que a célula-ovo, que dá origem a todos os tipos celulares do organismo.

A célula-ovo ou zigoto possui o grau mais baixo de diferenciação e é uma **célula totipotente**, que pode originar todos os tipos de células do organismo. Também são consideradas totipotentes as duas primeiras células embrionárias resultantes da primeira clivagem. Nos folhetos germinativos, as células embrionárias não são mais totipotentes; são **células multipotentes**, que podem originar alguns tipos de tecidos, mas não todos.

Esquema representando células humanas com diferentes **graus de diferenciação** e a origem embrionária de alguns órgãos e tecidos.

Origem embrionária de órgãos do ser humano

Final da primeira divisão do zigoto
células totipotentes
células multipotentes
Fase final da gástrula

Tecidos e órgãos diferenciados

Endoderme
- Pâncreas
- Fígado
- Glândula tireóidea
- Pulmão
- Bexiga
- Uretra

Mesoderme
- Medula óssea
- Músculos esqueléticos, lisos e cardíacos
- Vasos sanguíneos

Ectoderme
- Pele
- Neurônios
- Hipófise
- Olhos

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Luis Moura/Arquivo da editora

Células-tronco

As células embrionárias são consideradas **células-tronco**. Essa nomenclatura se relaciona à ideia de que dessas células partem diversas linhagens celulares, como os ramos partem do tronco de uma árvore. As células-tronco são indiferenciadas e possuem grande capacidade de divisão, dando origem a outras células-tronco e a células diferenciadas (veja esquema ao lado).

Existem células-tronco também no organismo já formado, sendo chamadas **células-tronco adultas**, maduras ou pós-natais. Elas mantêm os tecidos, produzindo novas células que repõem aquelas que vão morrendo. Um exemplo é o das células hematopoiéticas da medula óssea vermelha, que dão origem às células sanguíneas (glóbulos vermelhos e glóbulos brancos) e às plaquetas. As células hematopoiéticas são, portanto, multipotentes.

Outro exemplo de célula-tronco adulta é a célula da camada basal da epiderme: quando se reproduz, ela dá origem a outra célula da epiderme, sendo uma **célula unipotente**, com baixa potencialidade.

As pesquisas com células-tronco têm revelado possibilidades de tratamentos médicos eficazes. Um desses tratamentos é o transplante de medula óssea, que existe desde a década de 1970 e é usado para curar certos tipos de câncer que comprometem a produção de células sanguíneas. O transplante pode ser feito utilizando-se a medula do próprio paciente, de um doador compatível ou de uma cultura de células preparada com células-tronco hematopoiéticas encontradas no cordão umbilical, uma estrutura geralmente descartada após o parto. Neste último caso, são usadas determinadas substâncias que promovem a proliferação e a diferenciação das células-tronco em células precursoras da medula óssea.

Célula-tronco

Luis Moura/Arquivo da editora

^ As **células-tronco** dão origem a novas células-tronco e a células que sofrem diferenciação.

Em linhagens de células-tronco adultas mantidas em laboratório, verificou-se que algumas delas podem formar tipos celulares de outros tecidos. Essa característica de determinados tipos de célula-tronco adulta é chamada **plasticidade** e é tema de muitas pesquisas que visam desenvolver novos tratamentos para certas doenças e condições.

Pesquisas indicaram, por exemplo, que células-tronco hematopoiéticas podem se diferenciar em neurônios, em células do músculo cardíaco e em células do fígado, dependendo dos fatores introduzidos no meio de cultura celular. Células-tronco encontradas na polpa dos dentes de leite também apresentaram resultados promissores para o desenvolvimento de terapias, como o de uma pesquisa que obteve, a partir dessas células, tecido da córnea, a região superficial e transparente do olho, localizada sobre a íris e a pupila.

É importante ressaltar que as pesquisas sobre células-tronco seguem os padrões científicos. Os resultados obtidos por uma equipe de cientistas são publicados e discutidos pela comunidade científica, antes de se iniciar a fase de teste em seres humanos, constituída por diversas etapas, todas seguindo rigorosos protocolos que visam garantir a segurança dos voluntários. Esse processo geralmente leva anos para ser concluído e chegar efetivamente aos hospitais e clínicas médicas. Foi assim com o desenvolvimento das técnicas de transplante de medula óssea, hoje um procedimento médico realizado com frequência.

MULTIMÍDIA

Células-tronco – Promessas e realidades
Lygia da Veiga Pereira, Ed. Moderna, 2013.
Este livro foi escrito por uma pesquisadora brasileira da Universidade de São Paulo, especialista no assunto. Ela explica de modo claro e preciso como são as pesquisas com células-tronco.

Divulgação

4 Anexos embrionários

No desenvolvimento embrionário dos vertebrados surgem estruturas destinadas à proteção, respiração, excreção e nutrição do embrião. Tais estruturas são chamadas **anexos embrionários**, pois derivam do ovo, mas não fazem parte do corpo do embrião.

O primeiro anexo embrionário a se formar na evolução dos vertebrados foi a **vesícula vitelina** ou **saco vitelino**. Ela surgiu no grupo dos peixes e permaneceu nos embriões de répteis, aves e mamíferos.

Na fotografia ao lado, pode-se notar a volumosa vesícula vitelina em um alevino, nome que se dá à larva de peixes ósseos.

David Spears/Corbis/Latinstock

Um **alevino e sua vesícula vitelina**, que abriga o **vitelo** (amarelo), importante na nutrição da larva. Neste estágio o alevino mede cerca de 2 cm de comprimento.

A vesícula vitelina é uma bolsa que abriga o vitelo, bem desenvolvida nos animais ovíparos, exercendo importante papel no processo de nutrição dos embriões desses animais.

Nos anfíbios, embora os ovos sejam ricos em vitelo, não se desenvolve uma vesícula vitelina típica, situando-se o vitelo em células grandes, não envolvidas por estrutura membranosa própria.

Nos mamíferos vivíparos a vesícula vitelina não tem significado no processo de nutrição do embrião; ela é pouco desenvolvida.

Outro anexo embrionário é o **âmnio**, que, no curso da evolução, surgiu pela primeira vez nos répteis e se manteve nas aves e nos mamíferos.

Dr. G. Moscoso/SPL/Latinstock

Feto humano, com cerca de 1,5 cm de comprimento, envolvido pelo **líquido amniótico**. A estrutura arredondada vermelha é um vestígio da vesícula vitelina, que é pouco desenvolvida no ser humano e em outros mamíferos.

O âmnio delimita uma cavidade, a **cavidade amniótica**, que é preenchida pelo **líquido amniótico**. O embrião fica mergulhado nesse líquido, protegido, assim, contra choques mecânicos e dessecação.

Envolvendo todo o âmnio há uma membrana chamada **cório**, que reforça a proteção oferecida pelo âmnio. Ela está presente em embriões de répteis, aves e mamíferos.

Outro anexo embrionário próprio das aves, dos répteis e dos mamíferos é a **alantoide**. Nos mamíferos vivíparos ela é reduzida, mas nas aves e em outros animais ovíparos é particularmente bem desenvolvida, atuando como local de reserva para produtos de excreção, que assim não ficam em contato direto com o embrião.

Nos mamíferos vivíparos, alantoide e cório associam-se à mucosa uterina, formando uma estrutura embrionária denominada **placenta**. Nos mamíferos ovíparos, representados pelo ornitorrinco e pela equidna, não há placenta.

Kevin Schafer/Corbis/Latinstock

As **tartarugas marinhas** produzem ovos com **alantoide** desenvolvida. Na foto, a tartaruga está saindo do ovo, que possui cerca de 4 cm de diâmetro.

Na maioria dos mamíferos, como no caso da espécie humana, a placenta é bem desenvolvida – por meio dela o organismo materno fornece ao embrião nutrientes e gás oxigênio, e o embrião elimina excretas na circulação materna. Essa troca é possível graças à riqueza de vasos sanguíneos na placenta.

Os vasos provenientes da mãe e do feto ficam próximos, mas não há comunicação direta entre a circulação do embrião e a circulação materna.

5 Desenvolvimento embrionário humano

O desenvolvimento embrionário humano, apesar de ocorrer segundo as mesmas etapas já descritas, como segmentação, gastrulação e organogênese, é um processo mais complexo do que os estudados anteriormente. Vamos apresentar apenas uma visão geral e simplificada de como esse processo ocorre.

Ele tem início cerca de 30 horas após a fecundação, com a primeira divisão celular do zigoto. Seguem-se divisões sucessivas até a formação de uma estrutura chamada **blastocisto**.

O blastocisto corresponde ao embrião na fase de blástula e é formado por:

- **trofoblasto**, uma camada esférica de células que participará da formação da placenta e do anexo embrionário cório;
- **botão embrionário**, de onde surgirão o embrião e os anexos embrionários âmnio, vesícula vitelina e alantoide.

Por volta do sexto dia após a fecundação, ocorre a implantação do blastocisto na parede do útero. As células do trofoblasto começam a proliferar e penetrar a mucosa uterina, formando as vilosidades coriônicas (derivadas do cório).

À medida que o blastocisto implanta-se na mucosa uterina, o botão embrionário sofre modificações, formando os demais anexos embrionários, e o desenvolvimento embrionário continua.

Por volta do décimo dia após a fecundação, o embrião encontra-se envolto pelo âmnio e ligado à mucosa uterina por pequeno pedúnculo que dará origem ao cordão umbilical. Nesse momento, toda essa estrutura está mergulhada na mucosa uterina e envolta por vasos sanguíneos maternos, de onde o embrião obtém nutrientes. Da interação entre as vilosidades coriônicas, a alantoide e a mucosa uterina, forma-se a placenta. Esta é formada, portanto, pela mucosa uterina da mãe e os anexos cório e alantoide do embrião.

Blastocisto

botão embrionário

célula do trofoblasto

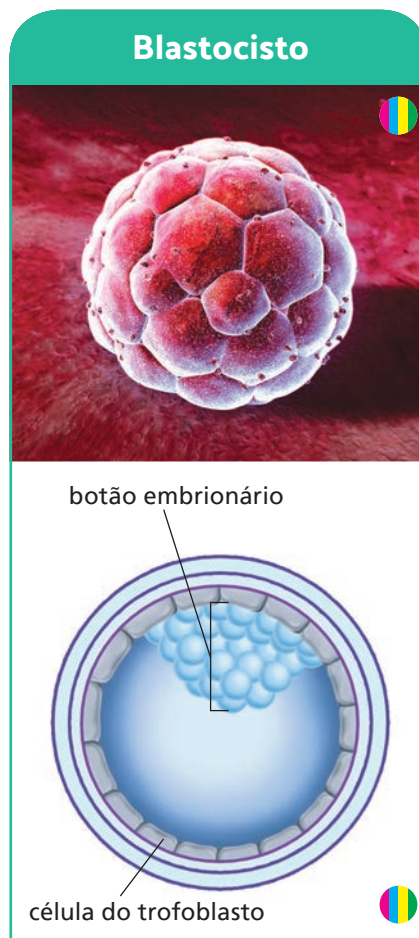



Ilustração do **blastocisto** em vista externa (figura superior) e esquema do blastocisto em corte transversal (figura inferior). O blastocisto mede cerca de 0,1 mm de diâmetro.

Embrião humano com cerca de 3 semanas

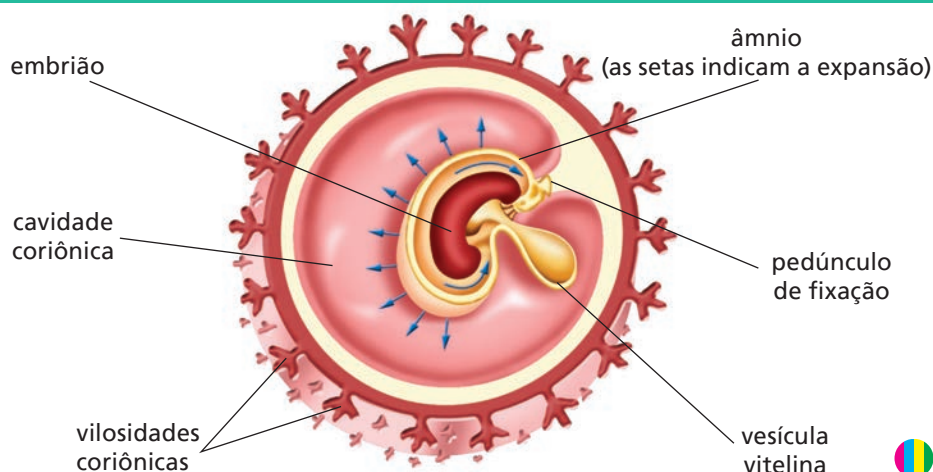
embrião

âmnio (as setas indicam a expansão)

cavidade coriônica

pedúnculo de fixação

vilosidades coriônicas

vesícula vitelina

Esquema de **embrião humano** com cerca de 3 semanas. O embrião, implantado na parede do útero, encontra-se envolvido pelo âmnio. O cório, associado à mucosa uterina e alantoide, dá origem à placenta.

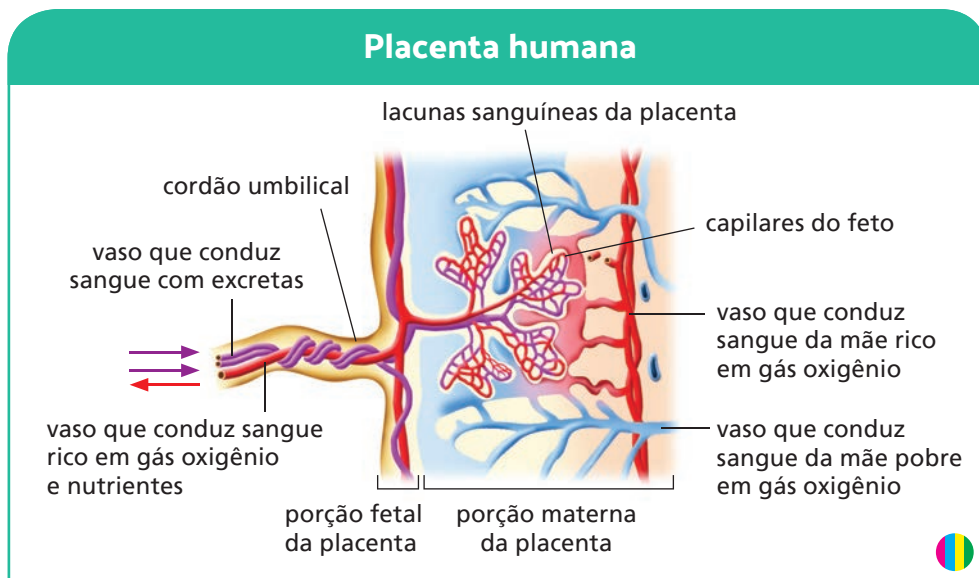
SUGESTÃO DE ATIVIDADE

Por volta do 16º dia após a fecundação, o embrião, já mais desenvolvido e envolto pelo âmnio, continua a crescer, passando a ocupar a cavidade uterina, mas ligado à placenta pelo cordão umbilical.

Placenta humana

lacunas sanguíneas da placenta
cordão umbilical
capilares do feto
vaso que conduz sangue com excretas
vaso que conduz sangue da mãe rico em gás oxigênio
vaso que conduz sangue rico em gás oxigênio e nutrientes
vaso que conduz sangue da mãe pobre em gás oxigênio
porção fetal da placenta
porção materna da placenta

Luis Moura/Arquivo da editora

Esquema representando a estrutura interna da **placenta** do ser humano, vista em corte. Observe que a placenta possui uma região fetal e uma porção materna. O sangue da mãe e do filho trocam substâncias por difusão, mas não entram em contato direto.

Durante a gravidez, a mulher sofre intensas mudanças em seu organismo. A sua quantidade de sangue aumenta em cerca de 30% e o útero aumenta de tamanho. O ritmo cardíaco torna-se mais intenso, as glândulas mamárias aumentam e os ossos da pelve sofrem pequenos deslocamentos para acomodar o feto em crescimento. **Feto** é o nome que se dá ao embrião a partir do final do segundo mês de gestação.

Observe a sequência de esquemas a seguir, que mostra três fases do desenvolvimento fetal humano.

Feto com 9 semanas	Feto com 30 semanas	Feto com cerca de 38 semanas
útero vagina Com cerca de 9 semanas, o embrião humano já apresenta sistema nervoso, coração e braços e pernas. Ele possui cerca de 5 cm de altura na posição sentada.	Possui cerca de 20 cm de altura na posição sentada. Da 21ª semana em diante, o feto apresenta aumento de peso. Com cerca de 24 semanas, aparecem as unhas.	Possui cerca de 38 cm de altura na posição sentada. No 3º trimestre da gestação ocorre o crescimento do feto em tamanho e peso e a cabeça se tornará proporcionalmente menor. Nas últimas semanas de gestação, o feto ganha cerca de 14 g de gordura por dia e se posiciona com a cabeça voltada em direção à vagina, o que está relacionado com sua passagem por este canal durante o parto.

Paulo Cesar Pereira/Arquivo da editora

Veja subsídios no Manual. A campanha de incentivo ao parto normal foi divulgada em 2015 no *blog* da Saúde, do Ministério da Saúde, disponível em: <http://www.blog.saude.gov.br/34963-ministerio-da-saude-e-ans-publicam-regras-para-estimular-parto-normal-na-saude-suplementar.html> (acesso em: 01 fev. 2016).

‹5.1› Nascimento

O nascimento pode ocorrer por **parto** normal ou por um procedimento cirúrgico chamado cesariana (ou cesárea) que deve ser indicado pelo médico.

O parto normal tem início com o rompimento da bolsa, que contém o líquido amniótico. Iniciam-se as contrações uterinas, que empurram o bebê em direção à vagina, que se dilata. Após a saída da criança, o cordão umbilical é cortado e ela inspira pela primeira vez, expulsando o líquido amniótico que preenchia seus pulmões. A placenta é eliminada. Observe as etapas do parto na sequência de figuras a seguir.

PENSE E RESPONDA

O Ministério da Saúde tem estimulado o parto normal, visando à redução do número de cesarianas desnecessárias. Faça uma pesquisa em *sites* e:

a. componha uma lista comparando as duas formas de parto;

b. explique por que o governo incentiva o parto normal.

Etapas do parto normal

parede uterina
placenta
púbis
colo uterino
vagina
ânus
útero contraído
placenta, membranas e cordão umbilical expelidos
hematoma (coágulo sanguíneo)
cordão umbilical
O cordão umbilical é cortado.

Desenhos ilustrando o parto normal. **1** e **2**: o colo uterino dilata-se durante o primeiro estágio do trabalho de parto. **3** a **5**: o feto passa pelo colo uterino e pela vagina durante o segundo estágio do trabalho de parto. **6** e **7**: durante o terceiro estágio do trabalho de parto, o útero se contrai e a placenta se desprende da parede uterina. A separação da placenta resulta em sangramento e formação de um grande hematoma (massa de sangue). **8**: a placenta é expelida e o útero se contrai.

Paulo Cesar Pereira/Arquivo da editora

George Shelley/Corbis/Latinstock

^ **Gêmeas idênticas** ou **monozigóticas**.

Gary Parker/SPL/Latinstock

^ **Gêmeos fraternos** ou **dizigóticos**.

5.2 Formação de gêmeos

Os gêmeos podem ser de dois tipos: monozigóticos e dizigóticos.

Os gêmeos **monozigóticos** são também chamados **idênticos** ou **univitelinos**. Eles se originam de um único zigoto. Do ponto de vista genético, esses gêmeos são idênticos e, portanto, pertencem sempre ao mesmo sexo. Cerca de 25% dos gêmeos são monozigóticos.

Os gêmeos **dizigóticos** são também chamados de **fraternos** ou **bivitelinos**. Eles se originam de dois ou mais zigotos diferentes, cada um resultante da fecundação de um óvulo por um espermatozoide. São semelhantes a dois irmãos de partos diferentes, podendo ser, portanto, do mesmo sexo ou de sexos distintos.

No esquema a seguir, compare o que acontece na formação de gêmeos idênticos, ou monozigóticos, e de gêmeos fraternos, ou dizigóticos. No primeiro caso, os dois embriões se formam de um zigoto. Os gêmeos dizigóticos surgem quando se formam dois zigotos simultaneamente.

PENSE E RESPONDA

Faça as atividades a seguir em seu caderno:

a. Consulte o glossário etimológico e explique o significado dos termos **monozigótico** e **dizigótico**.

b. Com base nos esquemas desta página, represente a formação de quádruplos, sendo dois irmãos monozigóticos e dois irmãos dizigóticos.

a. Monozigótico: *mono* = um; refere-se à formação a partir de um zigoto. Dizigóticos: *di* = dois, refere-se à formação a partir de dois ou mais zigotos.
b. Consulte o Manual.

MULTIMÍDIA

Caderneta de Saúde do Adolescente

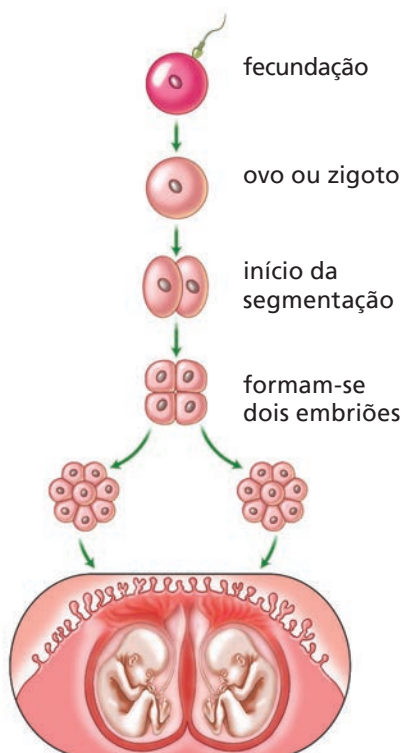
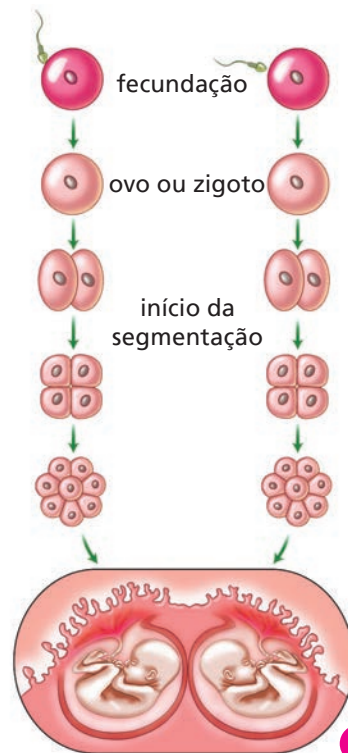
<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/sas/saude-do-adolescente-e-do-jovem>

Disponíveis no *site* do Ministério da Saúde, essas cadernetas abordam as questões de saúde que são típicas da adolescência, entre elas o planejamento da gravidez.

Acesso em: 01 fev. 2016.

Divulgação

Formação de gêmeos

monozigóticos: fecundação; ovo ou zigoto; início da segmentação; formam-se dois embriões

dizigóticos: fecundação; ovo ou zigoto; início da segmentação

Luis Moura/Arquivo da editora

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Mobilidade dos espermatozoides

No texto foi dito que os espermatozoides são células móveis e que seu deslocamento se faz pelo batimento da cauda, que é um flagelo modificado. De fato, essa é a regra geral, pois normalmente a peça intermediária possui numerosas mitocôndrias que fornecem a energia necessária ao deslocamento. No entanto, existem animais cujos espermatozoides não possuem flagelo. É o caso, por exemplo, dos espermatozoides dos nematódeos, como a lombriga.

R-P/Kino

espermatozoide
membrana externa do óvulo
núcleo do óvulo
20 μm

Espermatozoide de lombriga (*Ascaris lumbricoides*), que acabou de penetrar o óvulo.

Todo animal possui celoma?

O texto deste capítulo diz que, durante o desenvolvimento embrionário dos animais, a mesoderme delimita uma cavidade interna no corpo, chamada celoma.

Será que isso ocorre em todos os animais?

O celoma é uma cavidade própria dos animais triblásticos, pois os diblásticos não possuem mesoderme. Apesar disso, nem todos os triblásticos possuem celoma, ou seja, em alguns não ocorre a formação dessa cavidade na mesoderme.

Existem três grupos de animais triblásticos:

- **celomados** – os que possuem celoma. Exemplos: moluscos, anelídeos e cordados.
- **acelomados** – os que não possuem celoma. Exemplo: platelmintos, como as planárias.
- **pseudocelomados** – os que possuem cavidade interna do corpo, mas que não é um celoma, uma vez que não é inteiramente delimitada por mesoderme; ela é delimitada em parte por mesoderme e em parte por endoderme. Exemplo: nemátodas, como as lombrigas.

Nos animais acelomados, a única cavidade corporal é o tubo digestório. Já os celomados e os pseudocelomados possuem uma cavidade interna além da do tubo digestório. No corpo humano, a cavidade abdominal, onde se localizam o estômago, os intestinos e outros órgãos, deriva do celoma.

Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

Planária: animal triblástico **acelomado**. Mede cerca de 1 cm de comprimento.

Animals/Grupo Keystone

Minhoca, um anelídeo: animal triblástico **celomado**. Mede cerca de 6 cm de comprimento.

Juca Martins/Pulsar Imagens

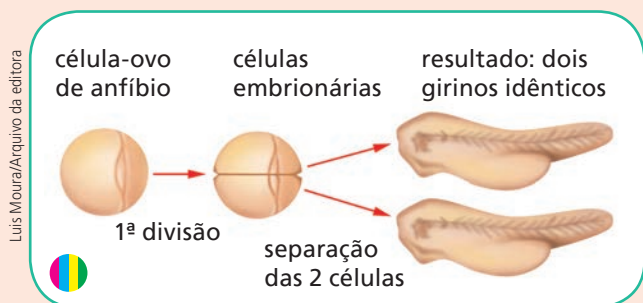
Lobo-guará, um cordado: animal triblástico **celomado**. Ele pode medir até 1,2 m de comprimento.

R-P/Kino

Lombrigas: animais triblásticos **pseudocelomados**. Cada lombriga mede cerca de 40 cm de comprimento.

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

1 Células-tronco: passado, presente e futuro

No início do século 20, vários embriologistas, entre eles os alemães Hans Spemann (1869-1941) e Jacques Loeb (1859-1924), começaram a decifrar os segredos das células-tronco por meio de experimentos com células de embriões de anfíbios. Tais pesquisas revelaram que, quando as duas primeiras células do embrião são separadas, cada uma é capaz de gerar um girino normal.

Esquema simplificado de **um dos experimentos realizados por Spemann**, na década de 1930: a separação dos dois blastômeros iniciais de um embrião de rã resultou na formação de dois embriões viáveis, que deram origem a dois girinos normais (figuras fora de escala).

As células-tronco conhecidas há mais tempo são as embrionárias, sendo as células-tronco adultas identificadas nas últimas décadas.

Um exemplo são as células-tronco presentes no cordão umbilical, estrutura geralmente descartada após o parto. Dentro do cordão umbilical existem células-troncos do feto, de linhagem hematopoiética (aquela que dá origem às células sanguíneas e às plaquetas). Utilizando-se essas células-tronco, é possível obter tecido de medula óssea vermelha para implantar em pessoas com certos tipos de câncer.

A coleta do sangue do cordão umbilical é feita logo após o parto, em maternidades credenciadas. O sangue é processado em laboratório, as células-tronco são separadas e congeladas a temperaturas de -196 °C. A criopreservação (*crio* = frio) possibilita que esse material permaneça viável por décadas, até ser descongelado.

No Brasil, existem bancos públicos de sangue de cordão umbilical em 14 estados (dados de 2015). Eles aceitam apenas amostras doadas e os dados genéticos são enviados para uma rede internacional de bancos desse tipo. Desse modo, quando uma pessoa necessita do transplante de medula óssea, localiza-se no sistema o material geneticamente compatível, que é descongelado e preparado para ser introduzido no paciente. Isso torna o processo mais rápido e seguro.

Existem também os bancos privados de sangue de cordão umbilical, que também podem armazenar células-tronco obtidas na polpa dos dentes de leite. Neste caso, o material recolhido de uma criança, a pedido de seus pais, fica criopreservado, podendo ser eventualmente usado para tratamentos futuros com suas próprias células-tronco.

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), os bancos privados podem oferecer a criopreservação, sem levar o cliente a crer que está garantido o tratamento de doenças pelo uso de células-tronco. Esse esclarecimento é importante, pois, em primeiro lugar, há casos em que não há vantagem em se usar as células-tronco da própria pessoa em tratamentos. Isso acontece em certos tipos de leucemia, em que não se podem usar células do próprio paciente, pois elas contêm a informação genética que leva ao desenvolvimento da doença. Além disso, a maioria dos tratamentos médicos com células-tronco ainda está em fase inicial de pesquisa.

Fontes:

ALVES. G. Por células-tronco, pais congelam dentes de leite dos filhos. *Folha de S.Paulo*. São Paulo, 06 jan. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER JOSÉ DE ALENCAR GOMES DA SILVA (Inca). Perguntas e respostas sobre sangue de cordão umbilical. 05 jul. 2013. Disponível em: <http://www1.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=2469>. Acesso em: 01 fev. 2016.

DEPOIS DA LEITURA...

Consultando revistas e *sites*, reúna informações sobre uma pesquisa recente com células-tronco que se relacione a novas terapias médicas. Escreva em seu caderno qual foi o objetivo da pesquisa, que conclusões puderam ser elaboradas a partir do resultado e qual pode ser a sua importância para a medicina.

Veja comentários no Manual.

2 A fecundação e a hereditariedade

Na Grécia Antiga, diversos filósofos buscavam explicar por que os filhos são parecidos com seus pais e já haviam relacionado o sêmen à reprodução do ser humano e de outros vertebrados. Aristóteles afirmou que o sêmen determinava a estrutura do ser humano, sendo o organismo materno apenas o provedor dos materiais que formariam o novo indivíduo. Ele explicava o nascimento de meninas como uma interferência do sangue materno na formação do novo indivíduo. Durante muitos séculos, essa ideia permaneceu válida entre pensadores e cientistas.

No século 17, Anton van Leeuwenhoek observou amostras de sêmen em seu microscópio simples, que aumentava em cerca de 100 vezes a imagem da amostra. Foi com surpresa que ele observou, naquele líquido leitoso, milhões de pequenas estruturas, movendo-se pelos batimentos de sua cauda. Ele foi o primeiro a descrever os espermatozoides humanos, e pensou ver em seu interior uma miniatura de ser humano, o que confirmaria a ideia vigente entre os cientistas da época a respeito da reprodução em nossa espécie. Outros cientistas repetiram a observação e chegaram à mesma conclusão de Leeuwenhoek.

Klaus Guldbrandsen/SPL/Latinstock

Gravura representando a miniatura de ser humano que, segundo a teoria da pré-formação, haveria dentro do gameta masculino.

No início do século 19, o cientista russo Karl Ernst von Baer observou óvulos de diversos mamíferos e descreveu o desenvolvimento de um embrião a partir do óvulo, identificando a blástula e a formação dos folhetos embrionários. O primeiro óvulo humano foi descrito pela primeira vez em 1828, por outro cientista. No entanto, ainda existiam diversas especulações quanto ao papel do óvulo e do espermatozoide na formação de um novo indivíduo, principalmente na espécie humana.

Em 1875, o cientista alemão Oscar Hertwig publicou um trabalho no qual descreveu, pela primeira vez, a observação ao microscópio da fecundação dos gametas de ouriço-do-mar. Com os avanços nos estudos, observou-se que, na espécie humana e em outros animais de reprodução sexuada, um novo indivíduo se forma a partir da fusão dos núcleos de um espermatozoide e de um óvulo. Ficava então abandonada a ideia aristotélica, defendida por tantos séculos, de que apenas o sêmen era relacionado à hereditariedade.

DEPOIS DA LEITURA...

a. Com um grupo de colegas, escolha um dos cientistas citados no texto para buscar mais informações a respeito de sua biografia. Com os dados biográficos, vocês podem criar uma breve encenação para contar aos colegas as contribuições do cientista escolhido para a Ciência.

b. Como era a participação das mulheres na sociedade europeia, na época das observações de Leeuwenhoek e outros cientistas que afirmavam haver uma miniatura humana dentro do espermatozoide? Faça uma comparação em relação aos direitos e à participação da mulher na sociedade atual.

c. Será que Leeuwenhoek estava tão influenciado pela ideia de que era o homem quem transmitia suas características aos filhos que "enxergou" a figura humana dentro do espermatozoide? Ou será que os microscópios, ainda pouco desenvolvidos em termos de aumento e nitidez, prejudicaram a visualização mais detalhada e levaram ao engano? Converse a respeito dessas questões com seus colegas, buscando relacionar as descobertas científicas ao contexto histórico e cultural em que elas acontecem.

Veja subsídios no Manual.

FAÇA NO CADERNO.
NÃO ESCREVA EM SEU LIVRO.

ATIVIDADES

3. No processo de espermiogênese, as espermátides, que são arredondadas, modificam-se pelo surgimento da cabeça, cauda e peça intermediária.

4. Segmentação holoblástica igual: as células formadas a partir da terceira clivagem apresentam dimensões semelhantes. Segmentação meroblástica discoidal: forma-se um disco de células na região da cicatrícula e a região do ovo ocupada pelo vitelo não sofre clivagem.

Revendo e aplicando conceitos

1. 37, número obtido dividindo-se 148 por 4.

1. Quantas espermatogônias são necessárias para que sejam produzidos 148 espermatozoides, na espécie humana?

2. Quantos óvulos são produzidos a partir de dez ovogônias? 2. 10 óvulos.

3. Que transformações ocorrem nas espermátides para que elas se transformem em espermatozoides?

4. O que caracteriza a segmentação holoblástica igual e a meroblástica discoidal?

5. Relacione a quantidade de vitelo presente no ovo com o tipo de segmentação, para os grupos de animais vertebrados. 5. Veja comentários no Manual.

6. O estudo da vida embrionária dos animais foi organizado em diversas fases, para melhor compreensão. Na verdade, a segmentação, gastrulação e organogênese são processos consecutivos e ocorrem de maneira dinâmica. Certos eventos importantes são utilizados para a identificação dessas fases embrionárias.

6. As células da mórula passam a secretar um líquido que se acumula no interior da estrutura, formando a blastocele.

Que evento caracteriza a passagem da fase de mórula para a blástula? Descreva-o.

7. Considere as seguintes estruturas: sistema nervoso, sistema genital, sistema urinário, epiderme da pele, músculo cardíaco, músculos esqueléticos, músculos não estriados (lisos) e tubo digestório. Anote em seu caderno quais dessas estruturas são originadas pela mesoderme.

8. Considere uma espécie de peixe ovíparo e uma espécie de mamífero placentário. Em ambos, ocorre a formação da vesícula vitelínica no embrião. No entanto, há uma diferença marcante: os embriões do peixe apresentam vesícula vitelínica muito desenvolvida e o mesmo não se observa nos embriões do mamífero. Dê uma explicação para esse fato. 8. Consulte o Manual.

9. Um feto de cão apresentava malformação da medula espinhal, que pertence à parte central do sistema nervoso. O problema teve origem na fase inicial da organogênese. Que estrutura do embrião deve ter sido afetada? Justifique sua resposta.

10. A respeito do âmnio, responda:

10. a) O âmnio protege o embrião contra choques mecânicos e permite seu desenvolvimento em meio aquoso.

a. Qual é a sua função?

b. Répteis, aves e mamíferos são vertebrados terrestres que, ao contrário dos anfíbios, independem do meio aquático para o desenvolvimento embrionário. Relacione a presença de âmnio com a conquista do ambiente terrestre pelos vertebrados. 10. b) Veja comentários no Manual.

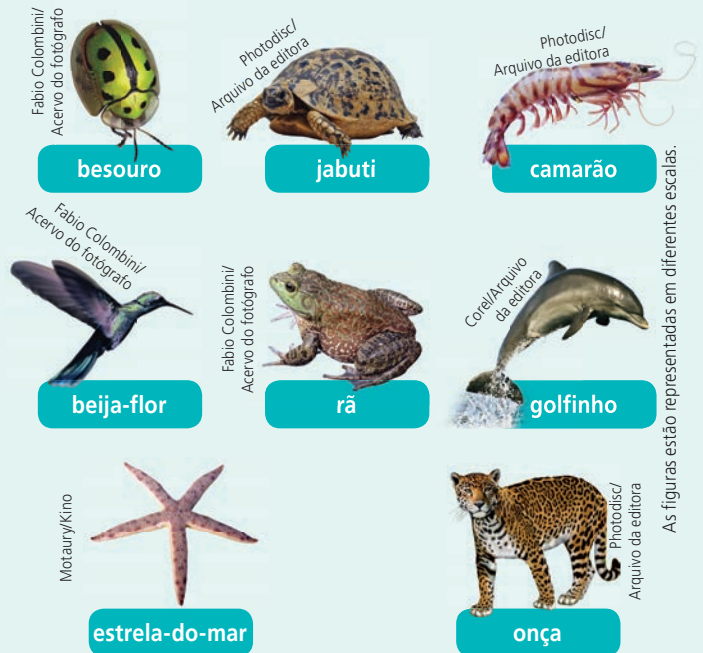
11. Quais são as semelhanças e as diferenças entre as células-tronco embrionárias e as células-tronco adultas?

7. Músculo cardíaco, músculos esqueléticos, músculos lisos, sistema genital, sistema urinário.

9. A placa neural, derivada da ectoderme. Essa estrutura está presente na fase inicial da organogênese e origina os órgãos do sistema nervoso.

12. Para os animais citados abaixo, indique o tipo de ovo e de segmentação, o número de folhetos embrionários formados na gástrula e classifique-os quanto ao desenvolvimento do blastóporo (protostômios ou deuterostômios).

Sugerimos que você organize a sua resposta em uma tabela. 12. Consulte o Manual.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo — besouro
Photodisc/Arquivo da editora — jabuti
Photodisc/Arquivo da editora — camarão
Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo — beija-flor
Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo — rã
Corel/Arquivo da editora — golfinho
Motaury/Kino — estrela-do-mar
Photodisc/Arquivo da editora — onça

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Trabalhando com gráficos

13. O gráfico a seguir mostra uma estimativa da variação no número de células germinativas, ou precursoras de gametas, nos ovários de uma mulher, ao longo de sua vida.

Número de células germinativas de uma mulher ao longo da vida

Número de células germinativas × 10^6 (0 a 7); Meses após a concepção (0, 3, 6); Nascimento; Anos após o nascimento (10, 20, 30, 40, 50)

Equipe NATH/Arquivo da editora

13. a) Sim, pois a partir do 6º mês de gestação, o feto para de produzir ovogônias e o número dessas células precursoras começa a cair, não voltando a aumentar.

13. b) Ovócito II, que é uma célula haploide estacionada na fase final da meiose I. Ao ocorrer a fecundação, a meiose II é finalizada, forma-se o óvulo e três corpúsculos polares, que degeneram.

13. c) Consulte o Manual.

Fonte: GILBERT, S.F. *Developmental biology*. 10. ed. Sinauer Associates, 2013, p. 20.

11. As células-tronco (CT) originam tipos celulares diferenciados, além de novas células-tronco. As CT embrionárias são obtidas do embrião e são multipotentes. As CT adultas estão presentes nos tecidos do organismo já formado e possuem potencialidade menor, dando origem a poucos ou a um tipo celular.

15. a) Substâncias inaladas pela gestante atingem sua circulação sanguínea e podem, através da placenta, chegar ao feto, interferindo em seu desenvolvimento.

15. b) A resposta dependerá da substância escolhida para a busca de informações. Os alunos devem citar, em suas respostas, as fontes consultadas.

15. c) Resposta pessoal. Espera-se que os alunos percebam a importância de hábitos saudáveis por parte do casal, para uma gestação tranquila e para evitar o surgimento de problemas congênitos ou complicações no nascimento do filho.

14. a) As células do trofoblasto promovem a implantação do blastocisto no endométrio e enviam nutrientes para ele. Depois, dão origem à placenta.

14. b) Por difusão. Não há mistura de sangue, mas os vasos sanguíneos maternos ficam próximos aos vasos do feto, ocorrendo difusão dos nutrientes.

a. A mulher não produz mais ovócitos primários após seu nascimento. Esta afirmação está de acordo com os dados do gráfico? Justifique sua resposta.

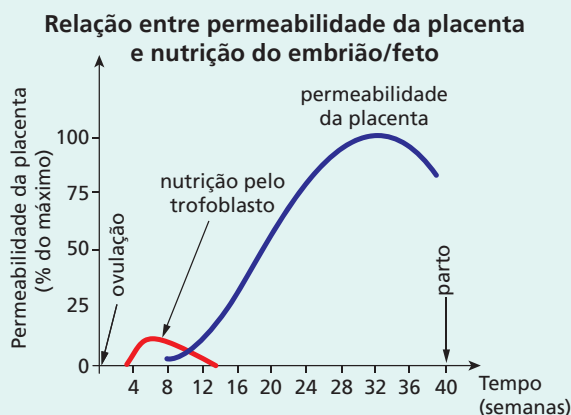
b. A partir da puberdade, a mulher normalmente libera uma célula da linhagem germinativa a cada ciclo menstrual. Que célula é essa? Escreva seu nome, seu número cromossômico e o que acontece com ela, caso haja fecundação.

c. Consultando livros e *sites* de divulgação científica, busque informações a respeito da espermatogênese no homem e faça o esboço de um gráfico semelhante ao mostrado anteriormente, representando a produção de gametas ao longo da vida.

14. Observe o gráfico a seguir, que representa a nutrição de um feto humano durante a gestação. O aumento da permeabilidade da placenta, indicada no gráfico, representa seu papel na difusão de gases e nutrientes entre a mãe e o feto.

Relação entre permeabilidade da placenta e nutrição do embrião/feto

Equipe NATH/Arquivo da editora

Permeabilidade da placenta (% do máximo)
0
25
50
75
100
ovulação
nutrição pelo trofoblasto
permeabilidade da placenta
parto
4 8 12 16 20 24 28 32 36 40
Tempo (semanas)

Fonte: GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Tratado de Fisiologia Médica*. 9. ed. Guanabara Koogan, 1997, p. 943.

a. O que significa a "nutrição pelo trofoblasto", apontada no início do gráfico?

b. Como os nutrientes que circulam no sangue materno chegam às células do feto?

c. Cite outra função da placenta, além da nutrição do feto. 14. c) A placenta secreta a progesterona, hormônio que mantém o endométrio desenvolvido e impede a ocorrência de menstruação.

Ciência, Tecnologia e Sociedade

15. O Instituto Nacional do Câncer José de Alencar Gomes da Silva (Inca) encarrega-se de divulgar resultados de pesquisas sobre os malefícios do cigarro, para alertar a população. Mulheres gestantes que fumam, ou que convivem com fumantes, podem prejudicar o desenvolvimento do feto. Eles geralmente nascem prematuros, com baixo peso e com a presença de nicotina em seu sangue.

a. Explique de que forma substâncias inaladas pela mãe podem atingir e prejudicar o organismo do feto. Descreva a estrutura e a função do anexo embrionário envolvido.

b. Outras drogas podem causar malformações congênitas em fetos humanos, como a cocaína e certos medicamentos. Pesquise a respeito de uma droga que pode causar anomalias em fetos, descrevendo os efeitos do consumo dessa substância durante a gestação.

c. Baseando-se nas respostas anteriores, converse com seus colegas a respeito dos cuidados fundamentais a uma gestação segura para a mãe e para o bebê em formação. Quais são as responsabilidades de um casal durante a gravidez, em relação à saúde do feto?

16. Em março de 2005, pesquisas científicas com células-tronco embrionárias humanas foram aprovadas no Brasil no âmbito da Lei de Biossegurança. Tais pesquisas utilizam, em nosso país, células obtidas de embriões congelados em clínicas de fertilização por mais de três anos, que não podem mais ser implantados. É proibido o uso de embriões considerados viáveis, isto é, que teriam chances de desenvolvimento se implantados no útero. Em maio do mesmo ano, o então procurador-geral da República, Cláudio Fonteles, entrou com um pedido de inconstitucionalidade contra o artigo que liberava esse tipo de pesquisa, em defesa do direito dos embriões.

Busque mais informações a respeito da polêmica envolvendo as pesquisas com células-tronco embrionárias e depois discuta as questões seguintes com seus colegas, registrando suas conclusões no caderno.

a. Por que as pesquisas com células-tronco embrionárias são alvo de discussões pela sociedade? Que grupos apoiam a Lei de Biossegurança e que grupos não concordam com o artigo sobre esse tipo de pesquisa? 16. a) Veja comentários no Manual.

b. Qual seria o destino dos embriões congelados considerados inviáveis para a fertilização artificial? 16. b) Veja comentários no Manual.

Questões do Enem e de vestibulares

17. (Enem-2014) Na década de 1990, células do cordão umbilical de recém-nascidos humanos começaram a ser guardadas por criopreservação, uma vez que apresentam alto potencial terapêutico em consequência de suas características peculiares. O poder terapêutico dessas células baseia-se em sua capacidade de:

19. b) O espermatócito primário é uma célula diploide (2n = 20). Os espermatozoides são haploides e terão 10 cromossomos.

a. multiplicação lenta.

b. comunicação entre células.

c. adesão a diferentes tecidos.

d. diferenciação em células especializadas. 17. d

e. reconhecimento de células semelhantes.

18. (Enem-2013) As fêmeas de algumas espécies de aranhas, escorpiões e de outros invertebrados predam os machos após a cópula e inseminação. Como exemplo, fêmeas canibais do inseto conhecido como louva-a-deus, *Tenodera aridofolia*, possuem até 63% da sua dieta composta por machos parceiros. Para as fêmeas, o canibalismo sexual pode assegurar a obtenção de nutrientes importantes na reprodução. Com esse incremento na dieta, elas geralmente produzem maior quantidade de ovos.

BORGES, J. C. *Jogo mortal.* Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em: 1 mar. 2012 (adaptado).

Apesar de ser um comportamento aparentemente desvantajoso para os machos, o canibalismo sexual evoluiu nesses táxons animais porque

a. promove a maior ocupação de diferentes nichos ecológicos pela espécie.

b. favorece o sucesso reprodutivo individual de ambos os parentais. 18. b

c. impossibilita a transmissão de genes do macho para a prole.

d. impede a sobrevivência e reprodução futura do macho.

e. reduz a variabilidade genética da população.

19. (Unicamp-SP) Nos animais a meiose é o processo básico para a formação dos gametas. Nos mamíferos há diferenças entre a gametogênese masculina e a feminina. 19. a) Um óvulo e três corpúsculos polares.

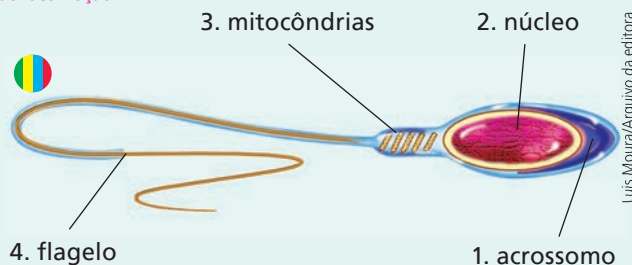
a. Nos machos, a partir de um espermatócito primário obtêm-se 4 espermatozoides. Que produtos finais são obtidos de um oócito primário? Em que número?

b. Se um espermatócito primário apresenta 20 cromossomos, quantos cromossomos serão encontrados em cada espermatozoide? Explique.

c. Além do tamanho, os gametas masculinos e femininos apresentam outras diferenças entre si. Cite uma delas.

20. (Fuvest-SP) O esquema a seguir representa um espermatozoide humano e algumas das estruturas que o compõem. Qual é a importância de cada uma das estruturas numeradas de 1 a 4 para a reprodução?
20. Veja comentários no Manual.

19. c) Espermatozoides possuem cauda (flagelo), peça intermediária e cabeça, com núcleo e capuz acrossômico. Óvulos não possuem estruturas de locomoção.

3. mitocôndrias
2. núcleo
4. flagelo
1. acrossomo

Luis Moura/Arquivo da editora

21. (UFSCar-SP) As mais versáteis são as células-tronco embrionárias (TE), isoladas pela primeira vez em camundongos há mais de 20 anos. As células TE vêm da região de um embrião muito jovem que, no desenvolvimento normal, forma as três camadas germinativas distintas de um embrião mais maduro e, em última análise, todos os diferentes tecidos do corpo.

21. a) Ectoderme, mesoderme e endoderme.

Scientific American Brasil. jul. 2004.

a. Quais são as três camadas germinativas a que o texto se refere? 21. b) Os ossos e os pulmões originam-se da mesoderme; o encéfalo origina-se da ectoderme.

b. Ossos, encéfalo e pulmão têm, respectivamente, origem em quais dessas camadas germinativas?

22. (Enem-2006) Em certas localidades ao longo do rio Amazonas, são encontradas populações de determinada espécie de lagarto que se reproduzem por partenogênese. Essas populações são constituídas, exclusivamente, por fêmeas que procriam sem machos, gerando apenas fêmeas. Isso se deve a mutações que ocorrem ao acaso nas populações bissexuais. Avalie as afirmações seguintes, relativas a esse processo de reprodução.

I. Na partenogênese, as fêmeas dão origem apenas a fêmeas, enquanto, nas populações bissexuadas, cerca de 50% dos filhotes são fêmeas.

II. Se uma população bissexuada se mistura com uma que se reproduz por partenogênese, esta última desaparece.

III. Na partenogênese, um número x de fêmeas é capaz de produzir o dobro do número de descendentes de uma população bissexuada de x indivíduos, uma vez que, nesta, só a fêmea põe ovos.

É correto o que se afirma:

a. apenas em I.

b. apenas em II.

c. apenas em I e III. 22. c

d. apenas em II e III.

e. em I, II e III.

capítulo 12

Histologia animal

COMENTÁRIOS GERAIS

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

1 Multicelularidade

Os seres unicelulares constituem aproximadamente a metade da matéria orgânica existente no planeta. No caso dos unicelulares, como o corpo todo do indivíduo é formado por uma única célula, esta realiza todas as funções necessárias à conservação da vida, incluindo a reprodução, que possibilita a preservação da espécie.

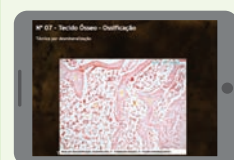
Nos multicelulares, ocorre a formação de grupos especializados de células que realizam determinadas funções. Cada conjunto especializado de células constitui um **tecido**. Como regra geral, as células de um tecido têm a mesma origem embrionária, são interdependentes e em conjunto realizam uma função bem definida.

Ser multicelular, no entanto, não significa possuir tecidos, pois existem multicelulares em que, apesar de existir certa divisão de trabalho entre as células, não chegam a se formar tecidos. É o que acontece com os fungos, com as algas multicelulares e com as esponjas, sendo estas últimas os únicos animais não formados por tecidos.

Mas o que define um tecido? Cada tecido é formado não somente pelas células, mas também por **substâncias intercelulares** produzidas por elas, ou seja, substâncias que ocupam os espaços entre as células.

Os **tecidos** podem se reunir, formando **órgãos**, podendo estes formar conjuntos maiores, denominados **sistemas**. Os tecidos muscular, epitelial e conjuntivo fazem parte de órgãos como a faringe, o esôfago, o estômago e os intestinos, que são órgãos do sistema digestório.

MULTIMÍDIA

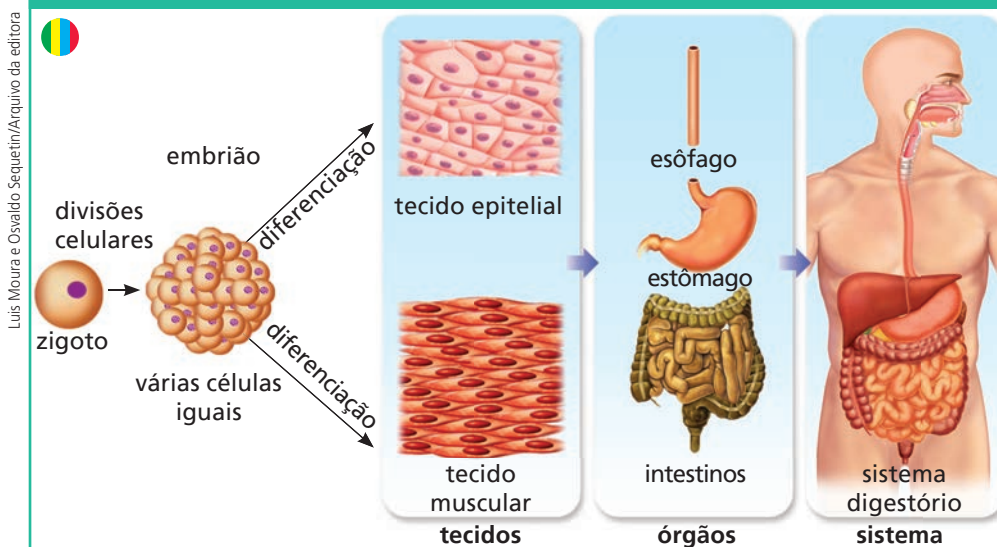
Atlas Virtual de Histologia

Reprodução

<http://histologiaufrn.blogspot.com.br>

Estudar tecidos é fundamental para biólogos, médicos, dentistas, biomédicos. Se você tem curiosidade ou interesse por essas áreas, dê uma olhada nos cortes histológicos disponíveis neste atlas virtual da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

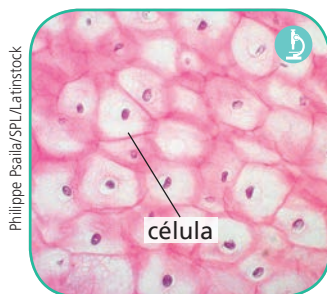
Acesso em: 16 fev. 2016.

Diferenciação de tecidos a partir do zigoto

Luis Moura e Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Esquema mostrando, de modo simplificado, exemplos da **especialização das células** no corpo humano, a partir da célula-ovo. Lembre-se de que os órgãos representados são formados por outros tecidos, além dos mostrados; do mesmo modo, o sistema digestório é formado por outros órgãos além dos ilustrados.

O ramo da Biologia que estuda os tecidos é a **Histologia** (*histo* = tecidos; *logia* = estudo). Costumamos dividir os tecidos em quatro grupos: tecido epitelial, tecido conjuntivo, tecido muscular e tecido nervoso. Neste capítulo, vamos conhecer cada um deles.

Philippe Psaila/SPL/Latinstock

célula

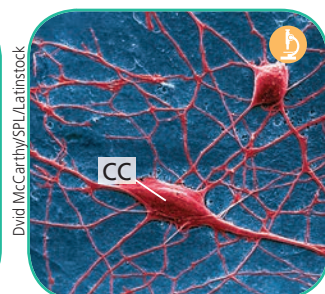
Tecido epitelial
Veja no corte histológico de tecido epitelial de mamífero as células justapostas, com pouca substância intercelular. Cada célula possui cerca de 25 µm em sua maior dimensão.

Astrid & Hanns-Frieder Michler/SPL/Latinstock

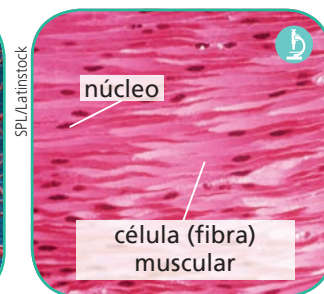
célula
substância intercelular

Tecido conjuntivo
O corte histológico de tecido cartilaginoso, um tipo de tecido conjuntivo, mostra que há substância intercelular abundante separando as células. Cada célula mede cerca de 10 µm de diâmetro.

Dvid McCarthy/SPL/Latinstock

CC

Tecido nervoso
Veja dois neurônios, células muito ramificadas que fazem parte do tecido nervoso, no qual a substância intercelular é quase inexistente. O corpo celular do neurônio (C.C.) possui cerca de 8 µm.

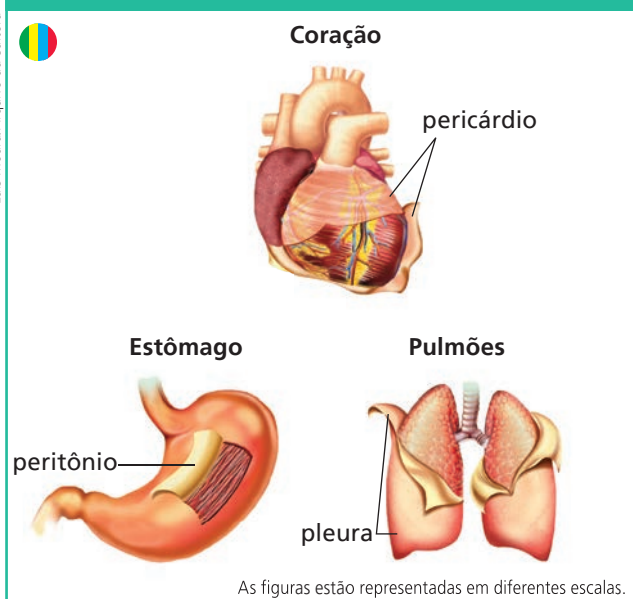
SPL/Latinstock

núcleo
célula (fibra) muscular

Tecido muscular
Veja no corte histológico de tecido muscular não estriado que as células são fusiformes, conhecidas por miócitos ou fibras musculares. Cada centímetro nesta imagem de microscopia corresponde a 100 µm.

Exemplos de epitélio

Luis Moura/Arquivo da editora

Coração
pericárdio
Estômago
peritônio
Pulmões
pleura

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

O esquema mostra o **epitélio**, representado com corte, em três órgãos. O epitélio que reveste o coração é chamado pericárdio. O que reveste os órgãos abdominais como o estômago é o peritônio. Os pulmões são revestidos pela pleura.

PENSE E RESPONDA

É possível relacionar a estrutura do tecido epitelial (células justapostas, com pouca substância intercelular) com a sua função de revestimento? Justifique.

Sim, pois essa estrutura é compatível com a função de revestimento, dificultando ou impedindo a passagem de materiais entre as células.

2 Tecido epitelial

O **tecido epitelial**, ou **epitélio**, é formado por células justapostas, com pouca ou praticamente nenhuma substância intercelular. Existem epitélios de revestimento, encontrados na superfície interna ou externa de estruturas do corpo, e o tecido epitelial glandular, que participa da formação de certas glândulas.

Os diferentes tipos de tecido epitelial podem se originar dos três folhetos embrionários: ectoderme, mesoderme e endoderme.

A epiderme da pele, o epitélio que reveste as cavidades nasais e o que reveste a cavidade bucal são de origem ectodérmica, assim como as glândulas mamárias, as glândulas salivares e as glândulas sebáceas.

Quanto ao sistema digestório, ele se origina da endoderme, que no embrião reveste o intestino primitivo ou arquêntero. O **fígado** e o **pâncreas**, glândulas ligadas ao sistema digestório, também são de origem endodérmica, assim como a glândula tireóidea, as glândulas paratireóideas e os epitélios internos da bexiga urinária e dos pulmões.

A mesoderme dá origem ao **endotélio**, que é o epitélio de revestimento interno dos vasos sanguíneos. São também de origem mesodérmica o epitélio do sistema genital, o do sistema urinário e os epitélios que revestem externamente o coração, os órgãos abdominais e os pulmões.

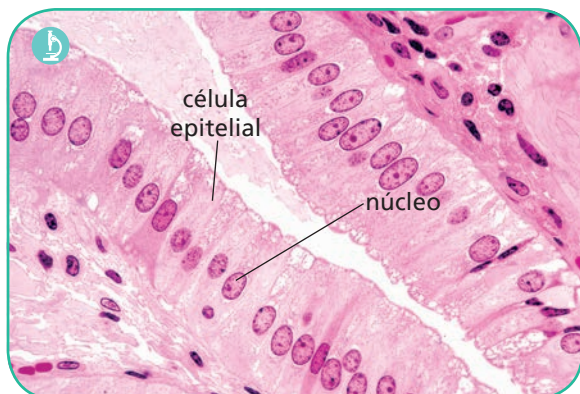
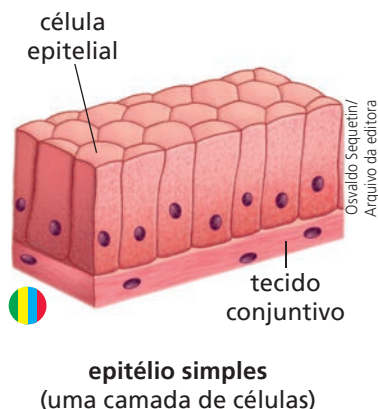
‹2.1› Epitélios de revestimento

As imagens a seguir mostram que o **tecido epitelial de revestimento** pode ser:

- **simples** – quando é formado por uma só camada de células;
- **estratificado** – quando é formado por mais de uma camada de células.

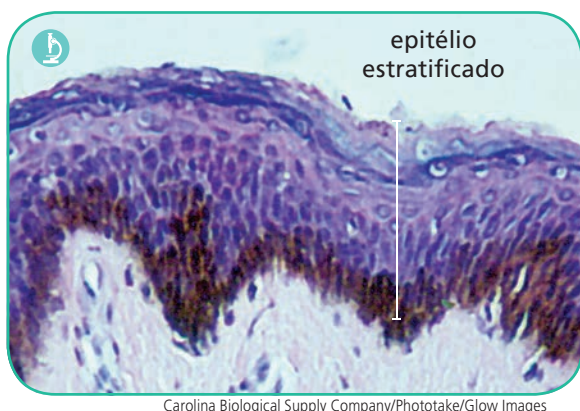
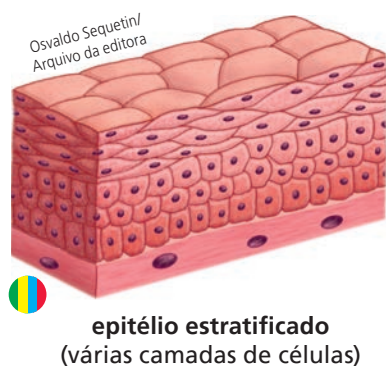
Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

epitélio simples
(uma camada de células)

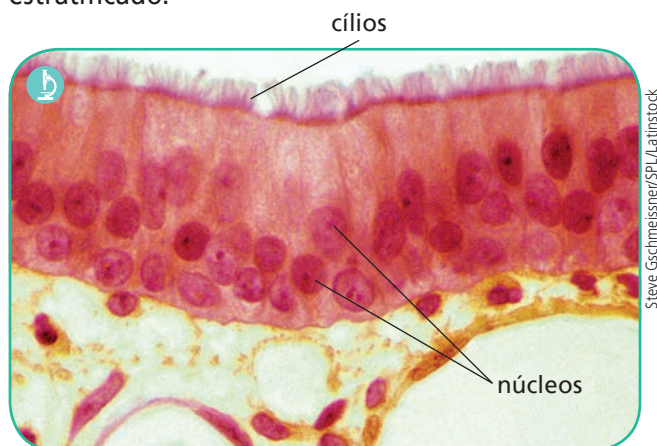
Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

Corte histológico do epitélio que reveste internamente a vesícula biliar de um primata. Cada célula mede cerca de 20 μm de comprimento.

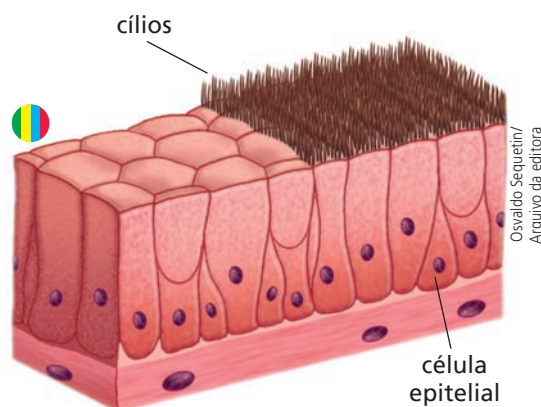
Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

epitélio estratificado
(várias camadas de células)

Carolina Biological Supply Company/Phototake/Glow Images

Corte histológico de pele humana, mostrando o epitélio estratificado. A espessura total deste tecido, formado pelas camadas de células epiteliais, é de cerca de 450 μm.

Costuma-se também considerar um tipo especial de epitélio simples, chamado **pseudoestratificado**, que é formado por uma única camada de células, mas estas possuem tamanhos diferentes, podendo dar a impressão de um tecido estratificado.

Steve Gschmeissner/SPL/Latinstock

Corte histológico do revestimento interno da traqueia humana: observe as células epiteliais ciliadas e as posições de seus núcleos. A espessura deste epitélio pseudoestratificado é de cerca de 50 μm.

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

epitélio pseudoestratificado
(uma camada de células)

Tanto os epitélios simples quanto os estratificados recebem nomes especiais, de acordo com o formato de suas células. Assim, podem ser **pavimentosos**, **cúbicos** ou **prismáticos**. Veja os exemplos representados a seguir.

Esquema ilustrando **diferentes tipos de tecido epitelial** e exemplos de órgãos onde eles ocorrem, em um mamífero.

Tipos de tecido epitelial

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

CURIOSIDADE

As **glicoproteínas** são moléculas de proteína associada a carboidratos (*glico* = açúcar, carboidrato). Além de estarem presentes na lâmina basal, elas são abundantes nas células em geral, fazendo parte das membranas.
O colágeno é uma proteína estrutural, em forma de fibra. Está presente nos tecidos conjuntivos, como veremos neste capítulo.

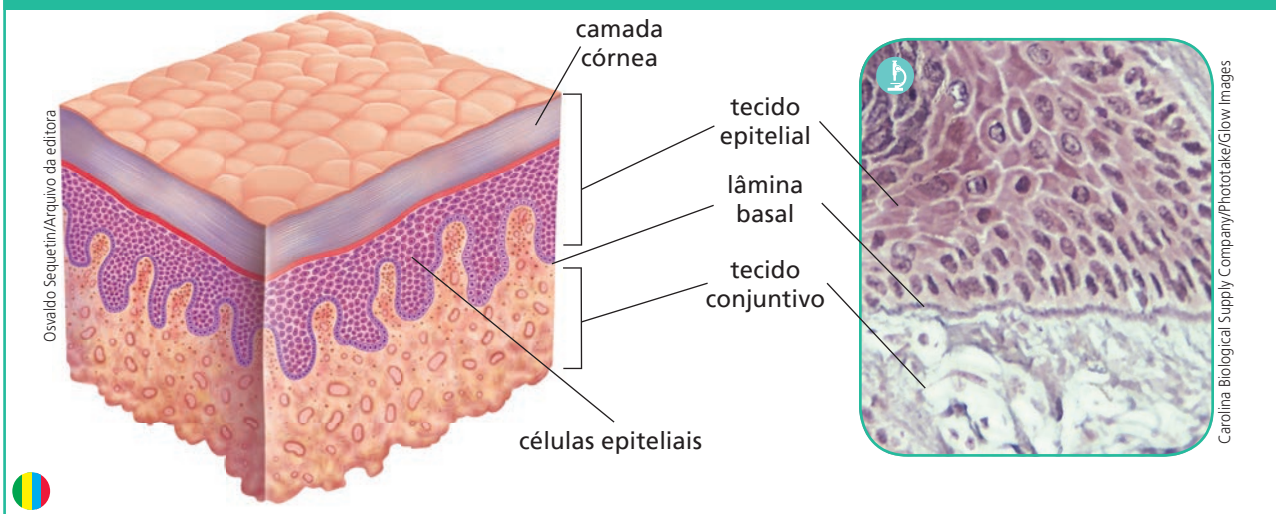
Os epitélios não possuem vasos sanguíneos e todos estão assentados em tecido conjuntivo. São os vasos sanguíneos do tecido conjuntivo que trazem gás oxigênio e nutrientes, que se difundem para as células do tecido epitelial.

É também por difusão que produtos do metabolismo das células epiteliais passam para os vasos sanguíneos presentes no tecido conjuntivo adjacente.

Entre o tecido conjuntivo e o tecido epitelial existe uma camada especial de matriz extracelular chamada **lâmina basal**, produzida tanto pelas células do tecido epitelial quanto por determinadas células do tecido conjuntivo. A lâmina basal é composta principalmente por **glicoproteínas** e por **colágeno**, que é uma proteína, e sua função é a ancoragem, por um lado, das células basais do epitélio e, por outro, das células do tecido conjuntivo.

Esquema e corte histológico de pele humana. Observe a **lâmina basal**, que separa o tecido epitelial do conjuntivo. A largura da imagem de microscopia corresponde a cerca de 100 μm.

Região da pele humana onde está a lâmina basal

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Carolina Biological Supply Company/Phototake/Glow Images

Diferenciação da superfície livre dos epitélios de revestimento

Na superfície livre de células dos epitélios de revestimento podem ocorrer estruturas destinadas, principalmente, a movimentar partículas ou a aumentar a área de superfície. Essas estruturas são representadas pelos microvilos e pelos cílios.

Microvilos são projeções em forma de dedo de luva, que determinam grande aumento da superfície livre das células. São encontrados em tecidos de absorção, pois esta é grandemente facilitada pelo aumento de superfície. Dois exemplos são as células do tecido de revestimento da superfície interna do intestino e dos túbulos renais.

Os **microvilos do epitélio que reveste o intestino humano** localizam-se no ápice das células epiteliais, como você pode observar no esquema. Na imagem abaixo, observe o aspecto externo desses microvilos.

Microvilos em células epiteliais

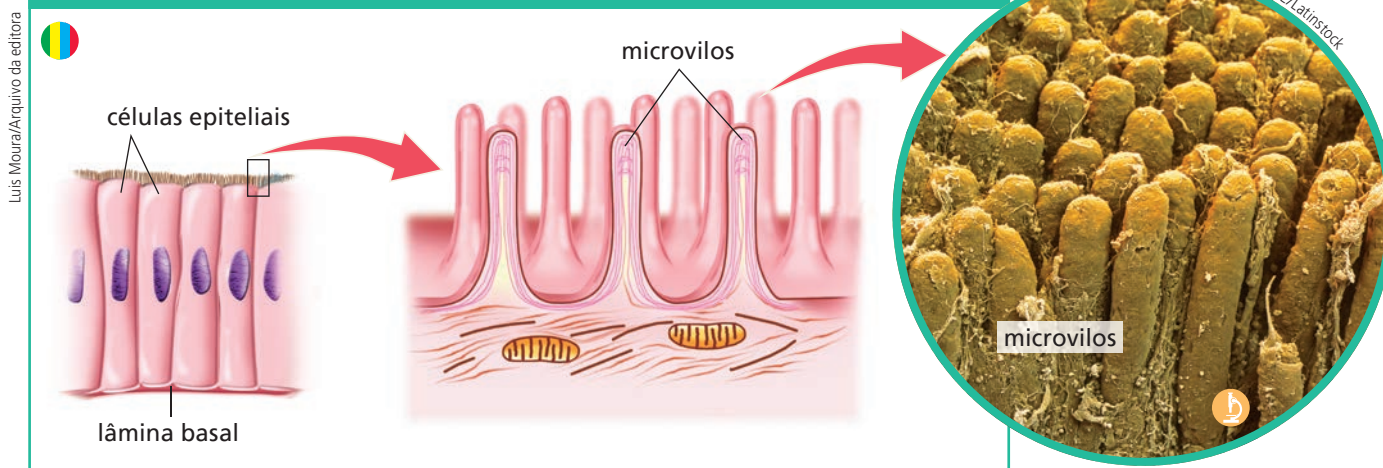
Luis Moura/Arquivo da editora

células epiteliais

microvilos

lâmina basal

Eye of Science/SPL/Latinstock

microvilos

Cílios são estruturas alongadas, numerosas, que realizam movimentos responsáveis por estabelecer uma corrente de fluido em uma única direção na superfície da célula. Como exemplo, podemos citar os cílios existentes no epitélio da traqueia. Neste caso, o batimento ciliar é no sentido de impedir a entrada de partículas nos pulmões.

‹2.2› Epitélios glandulares

Os epitélios glandulares constituem as **glândulas**, estruturas dotadas da capacidade de produzir certas substâncias denominadas **secreções**.

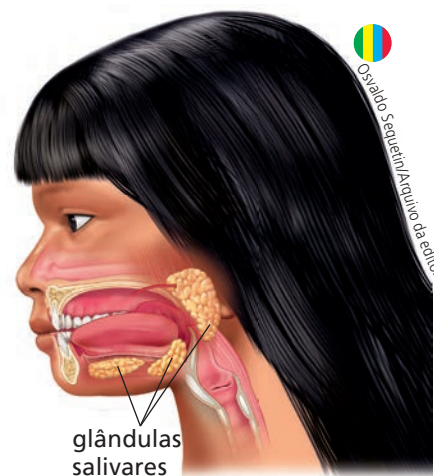
As secreções podem ser ricas em proteínas, em lipídios ou em uma mistura de carboidratos e proteínas. Veja estes exemplos:

- secreção rica em proteínas – produzida pelo pâncreas;
- secreção rica em lipídios – produzida pelas glândulas sebáceas e adrenais (suprarrenais);
- secreção formada por mistura de carboidratos com proteína – produzida pelas glândulas salivares.

As secreções ricas em proteínas costumam ser fluidas e conhecidas por **secreções serosas**; as ricas em carboidratos e lipídios frequentemente são mais espessas e denominadas **secreções mucosas,** ou **muco**. Em algumas glândulas, como as salivares, existem as **secreções mistas**, que são formadas por muco e proteínas.

Esquema indicando a localização aproximada das **glândulas salivares** do ser humano. Como a representação é de perfil, estão ilustradas as glândulas do lado esquerdo, mas existem mais três, nas mesmas posições, no lado direito do rosto.

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

glândulas salivares

A maioria das glândulas é multicelular, mas existem algumas unicelulares, como as glândulas caliciformes produtoras de muco, presentes no epitélio da traqueia, dos brônquios e do intestino.

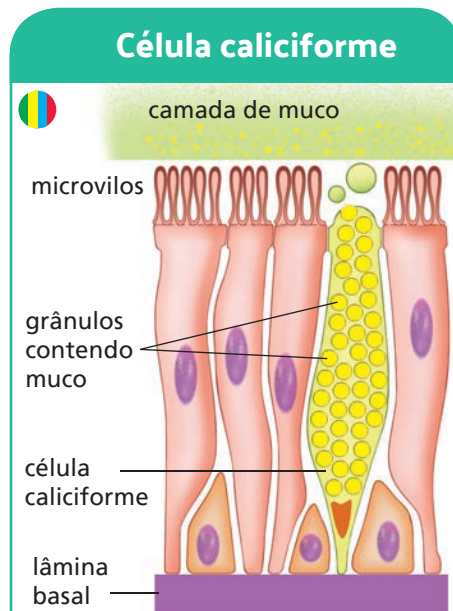
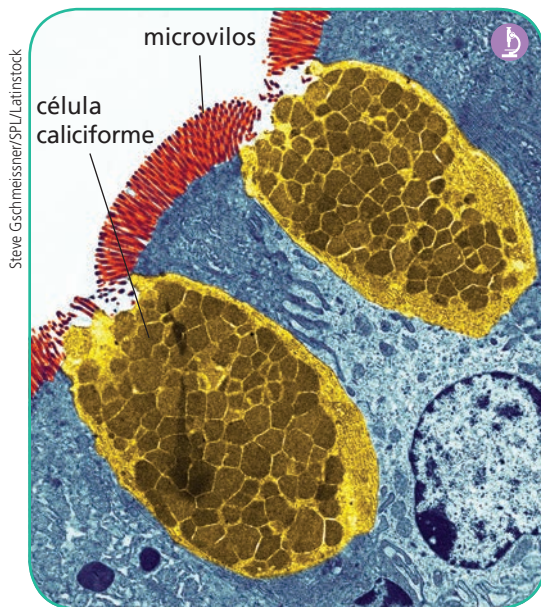
Steve Gschmeissner/SPL/Latinstock

microvilos
célula caliciforme

Célula caliciforme

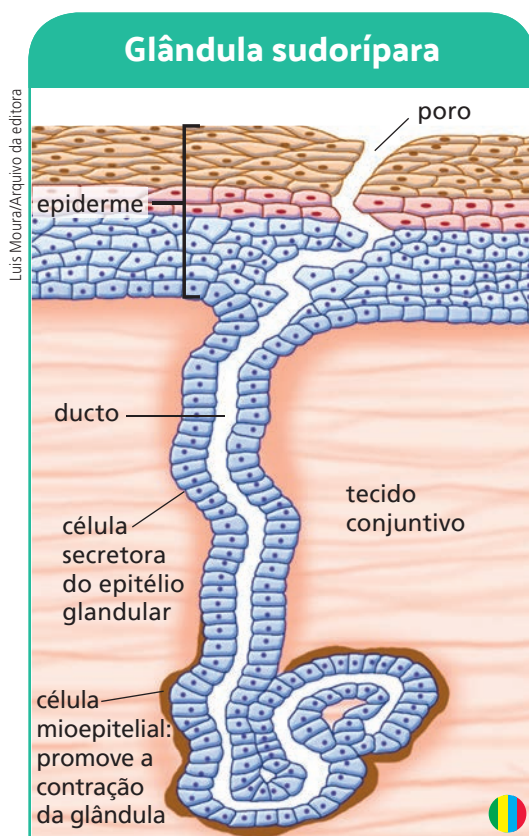
camada de muco
microvilos
grânulos contendo muco
célula caliciforme
lâmina basal

Luis Moura/Arquivo da editora

› Corte histológico do **epitélio que reveste internamente o intestino delgado humano**. Observe as células caliciformes (amarelo). Ao lado, um esquema destacando a presença da célula caliciforme em um tecido epitelial.

As glândulas formam-se pela proliferação de células do tecido epitelial de revestimento, que penetram o tecido conjuntivo. As glândulas estão, portanto, sempre envoltas por tecido conjuntivo, do qual recebem nutrientes e gás oxigênio.

Glândula sudorípara

poro
epiderme
ducto
tecido conjuntivo
célula secretora do epitélio glandular
célula mioepitelial: promove a contração da glândula

Luis Moura/Arquivo da editora

› A **glândula sudorípara**, que ocorre na pele dos mamíferos, é um exemplo de glândula exócrina. Observe neste esquema simplificado, que representa um corte transversal da pele humana, o ducto que conduz o suor produzido pela glândula sudorípara até a superfície da pele.

As secreções produzidas por algumas glândulas são conduzidas até a superfície do epitélio por **dutos** ou **ductos** (canais) próprios; secreções de outras glândulas são liberadas diretamente no meio líquido que envolve suas células, de onde chega aos vasos sanguíneos do tecido conjuntivo adjacente e são conduzidas pelo sangue. Com base nisso, as glândulas podem ser classificadas em:

- **exócrinas** – possuem ductos que conduzem a secreção até a superfície do epitélio, ou até outro órgão. São exemplos as glândulas sudoríparas e as sebáceas, ambas localizadas na pele.
- **endócrinas** – não possuem ductos e suas secreções, chamadas **hormônios**, passam diretamente para o sangue, que as transportam. São exemplos de glândulas endócrinas a **hipófise**, a **glândula tireóidea** e as **adrenais**.

Veja ao lado a localização de algumas glândulas endócrinas no corpo humano. Os testículos, presentes no homem, e os ovários, presentes na mulher, secretam hormônios e possuem outra função além da endócrina: são órgãos que produzem gametas masculinos e femininos, respectivamente.

Além das glândulas exócrinas e das endócrinas, existe a **glândula mista**, que possui regiões endócrinas e regiões exócrinas. No corpo humano, essa glândula mista é o **pâncreas**.

A porção endócrina do pâncreas secreta os hormônios **insulina** e **glucagon**, que vão diretamente para o sangue; a porção exócrina secreta **suco pancreático**, que contém enzimas digestivas, lançadas no duodeno por meio do canal pancreático.

Paulo Cesar Pereira/Arquivo da editora

Localização, no corpo humano, de algumas **glândulas endócrinas** e de uma glândula mista, o pâncreas. As quatro glândulas paratireóideas localizam-se na região posterior da glândula tireóidea.

CURIOSIDADE

A **insulina** e o **glucagon** controlam a taxa de glicose no sangue. São hormônios que agem de forma antagônica: enquanto a insulina abaixa, o glucagon aumenta a taxa de glicose no sangue. O sistema endócrino humano e os efeitos dos principais hormônios no organismo são temas abordados no volume 3 desta coleção.

3 Tecidos conjuntivos

Os **tecidos conjuntivos** têm origem mesodérmica e são ricos em substância intercelular. Eles são encontrados por todo o corpo, exercendo várias funções, especialmente preenchimento, sustentação, nutrição e defesa. Os tipos predominantes de células e a composição da substância intercelular variam nos diferentes tipos de tecido conjuntivo.

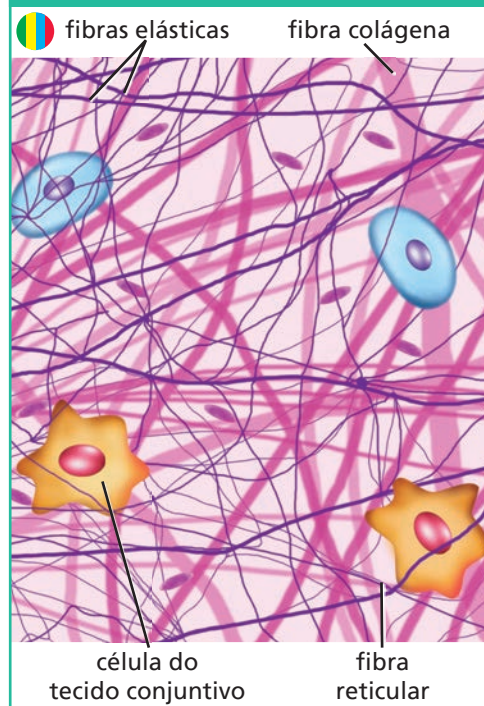
A substância intercelular é formada por uma parte amorfa, a substância fundamental, e uma parte com fibras de natureza proteica. O desenho esquemático ao lado representa os três tipos de fibras que podem ser encontradas nos tecidos conjuntivos: as colágenas, as elásticas e as reticulares.

As **fibras colágenas** são formadas basicamente pela proteína **colágeno** e são mais comuns do que as fibras elásticas e as reticulares.

As **fibras elásticas** são mais delgadas do que as colágenas e possuem uma proteína chamada **elastina**, que lhes confere elasticidade. São encontradas em grande quantidade, por exemplo, na cartilagem do **pavilhão auricular**.

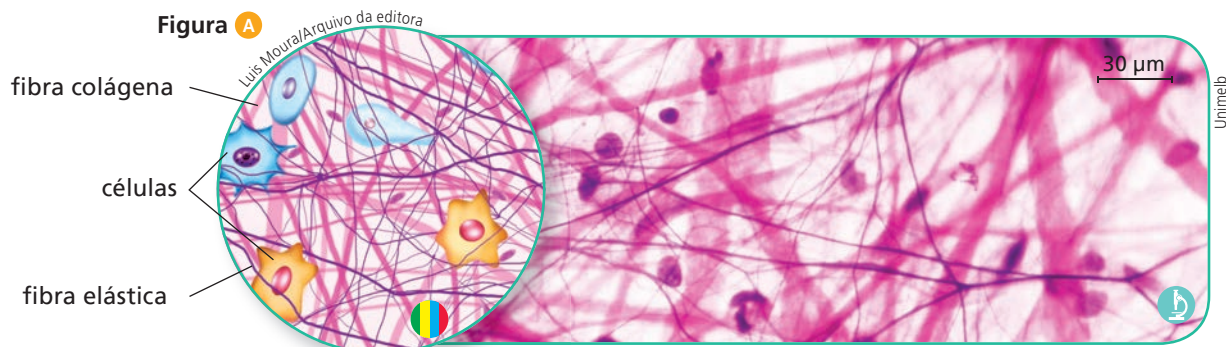
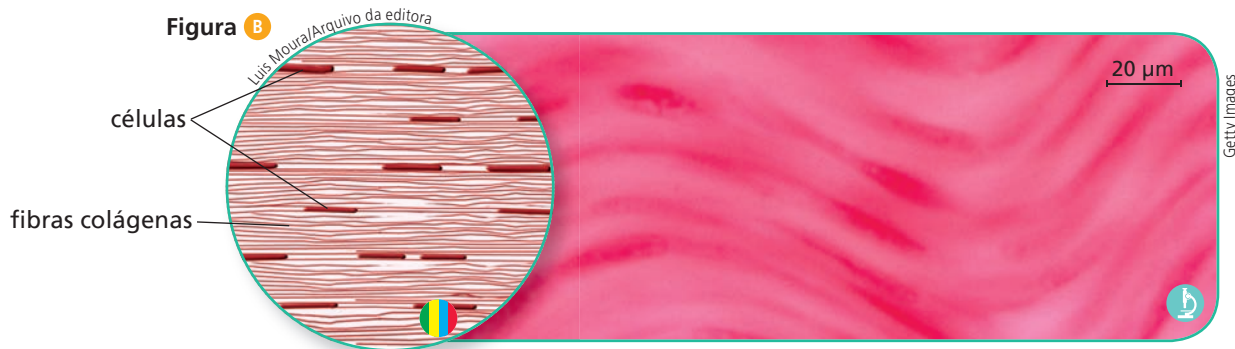
As **fibras reticulares** são as mais finas e as mais raras entre todas as três. Recebem esse nome porque se ramificam e se entrelaçam, formando **retículos**, como uma peneira. Como exemplo de sua localização no corpo, podemos citar medula óssea vermelha, linfonodos e baço, os quais abrigam células do sangue; as células sanguíneas ficam entre as malhas do retículo.

Tecido conjuntivo

Luis Moura/Arquivo da editora

Esquema representando um **tecido conjuntivo**. Observe as diferentes fibras proteicas e as células, representadas em laranja e em azul.

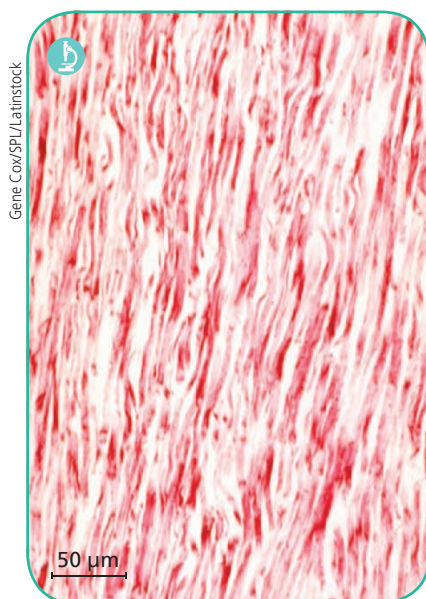
3.1 Tipos de tecido conjuntivo

Existem diferentes tipos de **tecido conjuntivo**, de acordo com suas características e funções: o tecido conjuntivo propriamente dito, o adiposo, o ósseo e o cartilaginoso.

Observe as figuras seguintes, que representam dois tipos de tecido conjuntivo propriamente dito – também conhecido apenas como tecido conjuntivo.

Corte histológico de **tecido conjuntivo frouxo**.

Corte histológico de **tecido conjuntivo denso** encontrado em tendões.

A figura A representa o **tecido conjuntivo frouxo**, que possui menor quantidade de fibras do que o **tecido conjuntivo denso**, representado na figura B. O tecido conjuntivo frouxo está presente em diversas partes do organismo, principalmente como suporte de epitélios.

O tecido conjuntivo denso, por ter maior quantidade de fibras, é resistente a pressões mecânicas. Ele pode ter suas fibras distribuídas de maneira ordenada ou de maneira desordenada. Quando as fibras são desordenadas, o tecido denso tem o nome de **não modelado**; quando as fibras são ordenadas, trata-se de tecido conjuntivo denso **modelado**.

A imagem anterior (figura B) mostra um tecido conjuntivo denso modelado, que ocorre, por exemplo, nos tendões, estruturas que ligam os músculos aos ossos. Compare-a com o tecido que é mostrado na imagem ao lado: um tecido conjuntivo denso não modelado, que ocorre, por exemplo, na derme profunda da pele e na parede das artérias.

Tecido conjuntivo denso não modelado encontrado na parede das artérias.

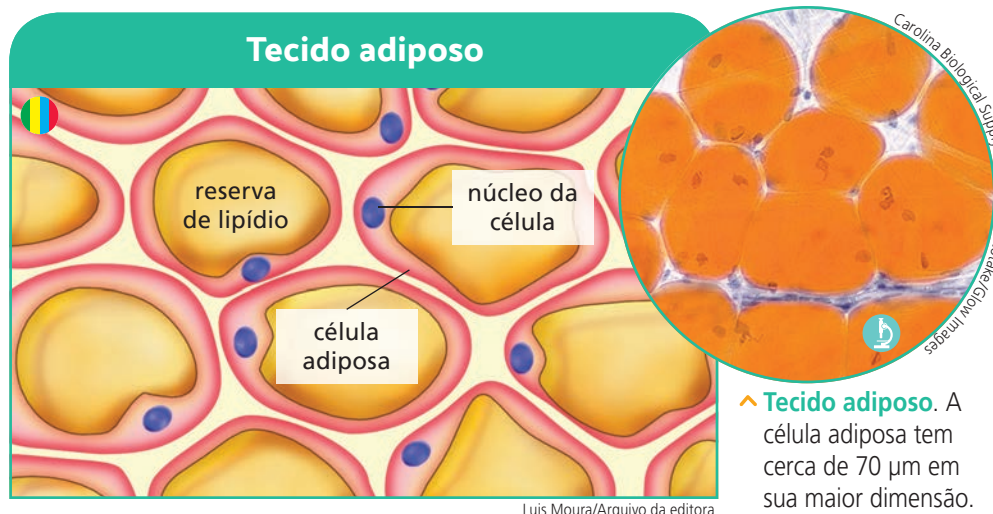
Tecido adiposo

Quando o tecido conjuntivo é constituído por células que armazenam gordura, recebe o nome de **tecido adiposo**. Ele ocorre ao redor de alguns órgãos, mas sua localização principal é logo abaixo da pele, formando a tela subcutânea. As células do tecido adiposo são chamadas **adipócitos**.

Tecido adiposo

Luis Moura/Arquivo da editora

Carolina Biological Supply Company/Phototake/Glow Images

Tecido adiposo. A célula adiposa tem cerca de 70 µm em sua maior dimensão.

Tecido ósseo

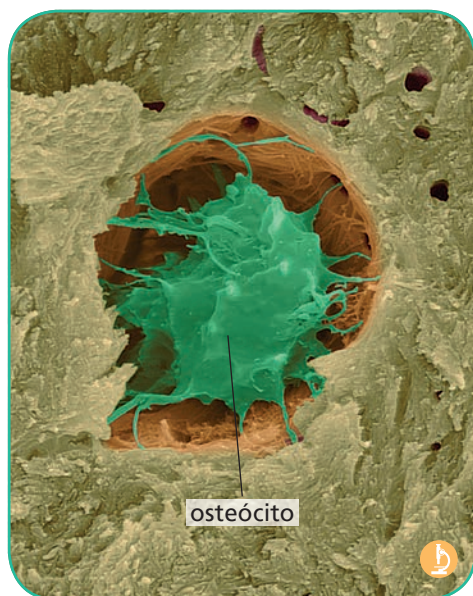
O **tecido ósseo** é o principal constituinte dos ossos, que, em conjunto, constituem a maior parte do esqueleto, responsável pela sustentação do corpo. Os ossos participam também de outras funções, como a movimentação do corpo e a produção de células do sangue, além de ser importante reservatório de cálcio para o organismo.

Os ossos são estruturas rígidas, sendo sua rigidez devida ao material extracelular do tecido ósseo, que contém substância fundamental rica principalmente em cálcio, mas também em outros elementos, como o fósforo e o magnésio. O osso, no entanto, embora rígido e resistente, oferece certa flexibilidade, devido à presença de fibras colágenas no material intercelular.

Os ossos de crianças são ricos em fibras colágenas e, por isso, são mais flexíveis do que os ossos de adultos e de pessoas idosas.

Os ossos jovens são ricos em **osteoblastos**, células que possuem diversos prolongamentos e que são dotadas de intensa atividade metabólica. São elas as responsáveis pela produção de colágeno, matéria orgânica da matriz, e interferem nos mecanismos de incorporação de sais minerais na substância intercelular.

Ao longo dos anos, os osteoblastos reduzem sua atividade metabólica e acabam ficando em lacunas na matriz extracelular, passando, então, a ser chamados **osteócitos**.

Dennis Kunkel/Phototake/Glow Images

Osteócito localizado em lacuna na matriz óssea. A célula mede cerca de 25 µm em sua maior dimensão.

CURIOSIDADE

O tecido adiposo comum é também chamado **unilocular**, sendo formado por adipócitos que, quando completamente desenvolvidos, possuem uma gotícula de gordura ocupando quase todo o volume do citoplasma. Esse tecido constitui a maior reserva de energia do organismo humano. Existe também o **tecido adiposo multilocular**, cujas células são menores, com muitas gotículas de lipídios e numerosas mitocôndrias. Elas produzem calor e são abundantes nos animais que hibernam, como os ursos. No feto e no recém-nascido, esse tecido auxilia no aquecimento do corpo. À medida que o indivíduo cresce, sua localização passa a ser restrita a algumas áreas do corpo e outros mecanismos regulam a temperatura interna do ser humano.

Fonte de consulta sobre o tecido adiposo: JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. *Histologia básica*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008, p. 126.

ATENÇÃO

Além de tecido ósseo, os **ossos** possuem outros tipos de tecido conjuntivo, como o reticular, o adiposo e o cartilaginoso, além de vasos sanguíneos e nervos.

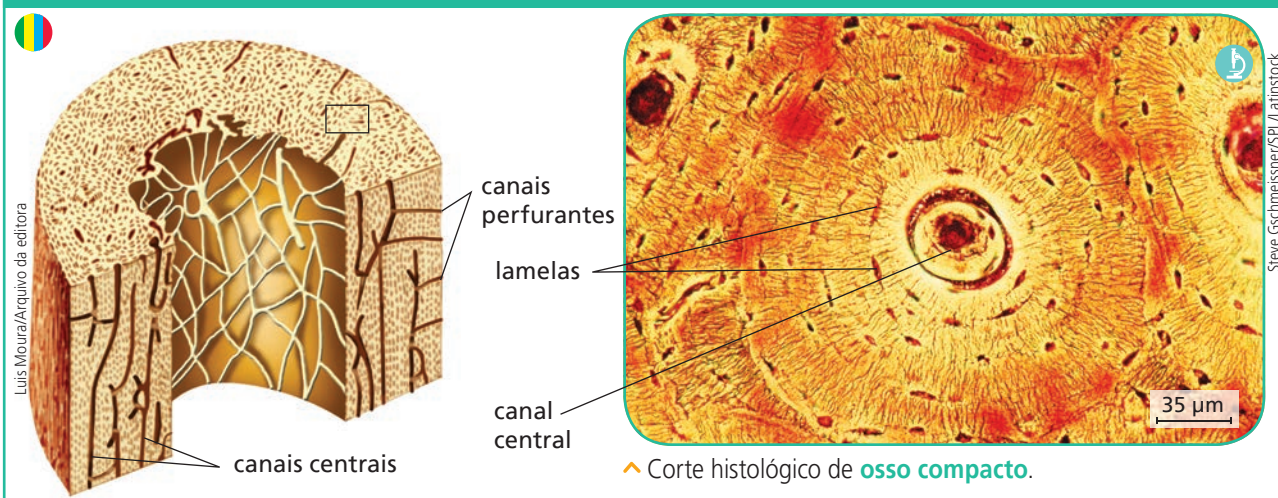
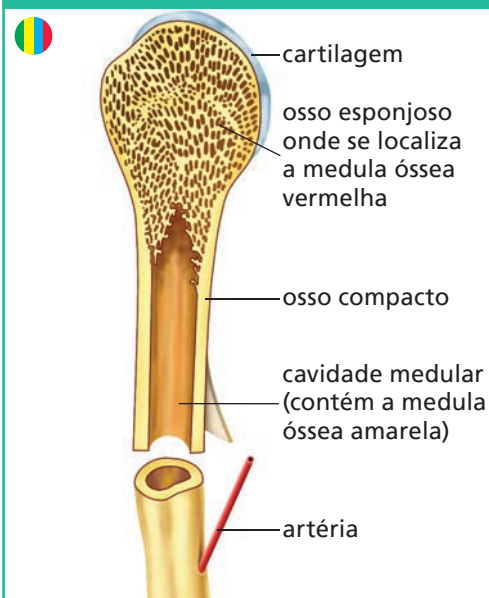
Mesmo em pessoas adultas, o tecido ósseo sofre renovação constante, em um processo chamado **remodelamento ósseo**. Além de osteoblastos, que produzem a matriz, e de osteócitos, responsáveis pela manutenção do tecido, existem células que reabsorvem os componentes da matriz. Essas células são chamadas **osteoclastos**.

O tecido ósseo pode ser compacto ou esponjoso, de acordo com a organização da matriz extracelular e das suas células.

No **tecido ósseo compacto**, os sais minerais e as fibras colágenas que constituem a matriz extracelular estão dispostos em lamelas paralelas ou concêntricas, em volta de um **canal central** (canal de Havers). Esses canais se comunicam com a superfície do osso e também entre si por meio de canais oblíquos ou perpendiculares, chamados **canais perfurantes** (canais de Volkmann). Pelos canais centrais e perfurantes passam vasos sanguíneos e nervos.

Esquema de osso compacto, mostrando sua estrutura com **canais centrais** e **canais perfurantes**.

Estrutura do osso compacto

Corte histológico de **osso compacto**.

Estrutura de um osso longo

Esquema de um segmento do **úmero**, osso longo do braço, visto em corte.

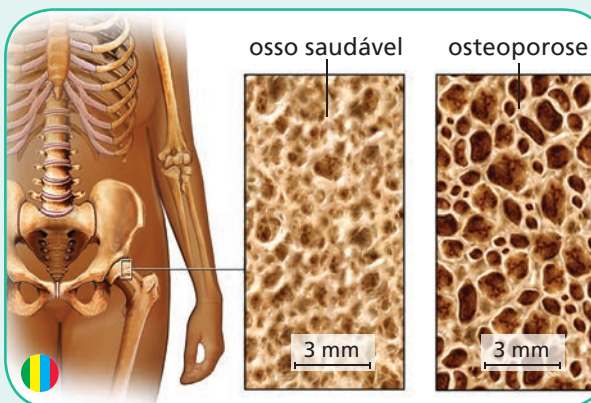
A camada externa do osso é formada por tecido ósseo compacto, mas existe também uma região formada por **tecido ósseo esponjoso**, constituído por uma rede de finas colunas de osso, chamadas trabéculas. Em ossos longos do corpo humano, o espaço entre as trabéculas é preenchido por medula óssea vermelha.

O osso possui dois tipos de medula: a vermelha e a amarela. A **medula óssea vermelha** é rica em tecido reticular, que tem importante função hemopoética (hematopoiética), ou seja, é um tecido produtor de células do sangue; a **medula óssea amarela** não tem essa função e é constituída por tecido adiposo.

Observe o **interior de um osso longo**. O tecido ósseo está colorido em branco; a parte externa do osso é formada por tecido ósseo compacto e o interior, por tecido ósseo esponjoso. A parte colorida em rosa é a medula óssea vermelha, que preenche os espaços entre as trabéculas.

CURIOSIDADE

Com a idade, há possibilidade de ocorrer perda de cálcio nos ossos, o que causa uma doença chamada **osteoporose**. Além da perda de cálcio, há também empobrecimento das fibras colágenas e esses dois fatores tornam os ossos frágeis, sujeitos a fraturas mais frequentes.

Esquema mostrando o aspecto da matriz óssea em condições normais e na **osteoporose**.

Tecido cartilaginoso

Embora menos rígido e com maior elasticidade do que o tecido ósseo, o **tecido cartilaginoso** também faz parte do esqueleto e exerce função de sustentação.

Podemos considerar três tipos de **cartilagem**, tomando como referência as fibras que entram na sua composição: hialina, elástica e fibrosa. Esses três tipos estão representados de forma esquemática nas figuras seguintes.

Esquema dos **tipos de tecido cartilaginoso**, com base em cortes histológicos vistos ao microscópio.

A **cartilagem hialina** ocorre no nariz, nas articulações, nos anéis da traqueia e dos brônquios. É abundante no feto, cujo esqueleto é, inicialmente, cartilaginoso. É a partir da cartilagem que se forma a parte maior do esqueleto do adulto. As fibras são colágenas e imersas numa matriz homogênea.

A **cartilagem elástica** é encontrada, por exemplo, no pavilhão auricular (orelha externa), na laringe e na tuba auditiva. Essa cartilagem, possuindo maior elasticidade, resiste mais a tensões do que a cartilagem hialina.

A **cartilagem fibrosa** possui fibras colágenas em grande quantidade. Ocorre, por exemplo, nos discos intervertebrais e nas articulações de ossos.

As células cartilaginosas são de dois tipos: **condroblastos** e **condrócitos**. Os condroblastos são as células responsáveis pela produção da substância fundamental e das fibras presentes nesses tecidos. À medida que perdem sua atividade metabólica, acabam por situar-se em lacunas na matriz e passam a ser chamados condrócitos.

Corte histológico de **cartilagem hialina**. Os condrócitos medem cerca de 15 μm de diâmetro.

A estrutura das células musculares estriadas é tema abordado no volume 3 desta coleção.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

4 Tecido muscular

Veja na ilustração exemplos de órgãos formados por **tipos diferentes de tecido muscular**. Em detalhe, observe o aspecto de cada tecido muscular, em cortes histológicos.

O **tecido muscular**, por meio de contrações e distensões, possibilita a locomoção do corpo e outros movimentos, como o batimento do coração e os movimentos peristálticos do esôfago, estômago e intestinos.

A figura ao lado representa os três tipos de tecido muscular: o estriado esquelético, o não estriado, ou liso, e o estriado cardíaco.

Os tecidos musculares são formados por células fusiformes denominadas **fibras musculares** ou **miócitos**.

Nas imagens, você pode observar que existem estrias transversais nas fibras dos tecidos estriados, tanto no esquelético quanto no cardíaco. Não ocorrem estrias nas fibras do tecido muscular não estriado.

As estrias visualizadas nos cortes histológicos correspondem ao arranjo de determinadas proteínas envolvidas na contração muscular, dispostas no citoplasma das fibras musculares.

O **tecido muscular estriado esquelético** forma músculos que podem se contrair de forma voluntária, ou seja, controlados por nossa vontade. Eles prendem-se ao esqueleto e possibilitam a movimentação do corpo.

O **tecido muscular não estriado** forma os músculos involuntários, ocorrendo em estruturas como as artérias, o esôfago, o estômago e os intestinos. Os movimentos peristálticos dos órgãos do sistema digestório, por exemplo, são causados pela musculatura não estriada desses órgãos.

O **tecido muscular estriado cardíaco** está presente apenas no coração, formando o **miocárdio**, que é o músculo cardíaco. Este músculo é responsável pelos batimentos vigorosos e constantes do coração, que garantem a circulação do sangue por todo o corpo. O músculo cardíaco tem contração independente de nossa vontade.

PENSE E RESPONDA

Consulte o glossário etimológico e explique o significado de **miócito**.

Célula muscular (*mio* = músculo; *cito* = célula).

5 Tecido nervoso

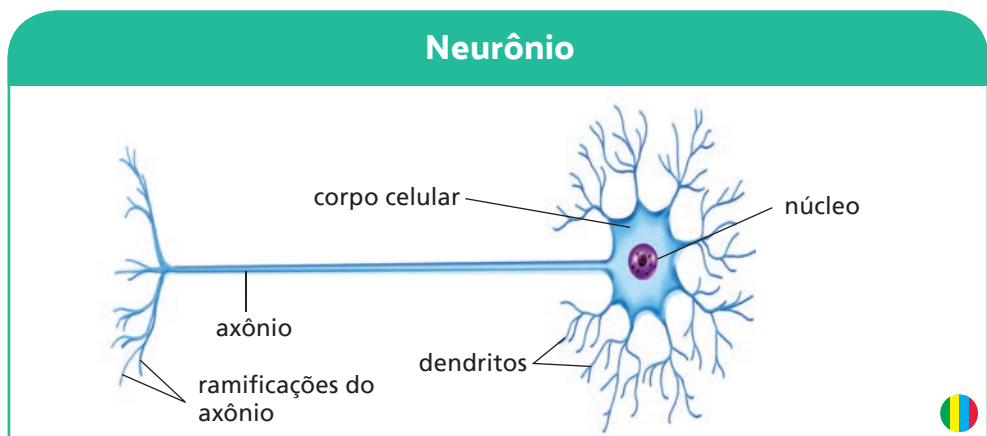
O **tecido nervoso**, de origem ectodérmica, forma os órgãos que, em conjunto, constituem o **sistema nervoso**. O sistema nervoso e o sistema endócrino (hormonal) são os encarregados da coordenação e do controle de todas as funções do organismo.

As principais células do tecido nervoso são os **neurônios**. Eles não são todos iguais, mas existe acentuada semelhança entre todos os tipos, dos quais a figura abaixo representa de forma esquemática o mais comum.

RECORDE-SE

Ectoderme
Folheto embrionário que compõe o revestimento externo e, ao final da gastrulação, dá origem ao tubo neural, a partir do qual se forma o sistema nervoso. Reveja esse processo no capítulo 11.

Neurônio

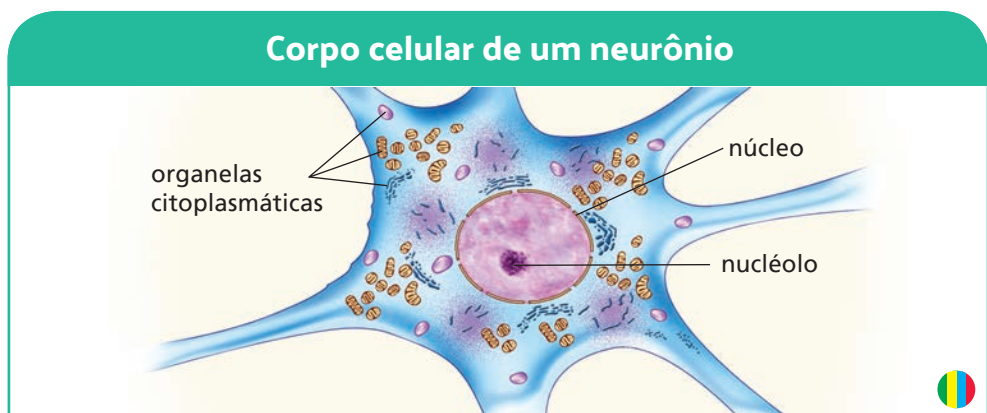
Luis Moura/Arquivo da editora

Como mostra a figura acima, o neurônio possui um **corpo celular**, de onde partem expansões, chamadas **dendritos** e **axônios**.

No tipo de neurônio representado na figura, os dendritos são ramificações relativamente curtas e numerosas; já o axônio é longo, único, com diâmetro aproximadamente uniforme em todo o comprimento e com ramificações na extremidade.

O corpo celular possui o núcleo da célula e a maioria das organelas, sendo o centro do metabolismo celular.

O desenho abaixo, que se baseia em micrografia eletrônica, mostra o corpo celular do neurônio, com núcleo, nucléolo e várias organelas imersas no citoplasma.

Corpo celular de um neurônio

Luis Moura/Arquivo da editora

O neurônio recebe e transmite estímulos provenientes do meio e de outros neurônios. Os estímulos são recebidos pelos dendritos, passam pelo corpo celular e são transmitidos pelo axônio. Do axônio, os estímulos passam para os dendritos ou corpo celular de outro neurônio, ou para células de outros tecidos, como as musculares, por exemplo.

MULTIMÍDIA

Por que o bocejo é contagioso?

Divulgação

Suzana Herculano-Houzel, Zahar Editores, 2007.
O livro traz respostas para diversas perguntas curiosas, envolvendo o funcionamento dos neurônios e do sistema nervoso do ser humano.

RECORDE-SE

Unidades de medida

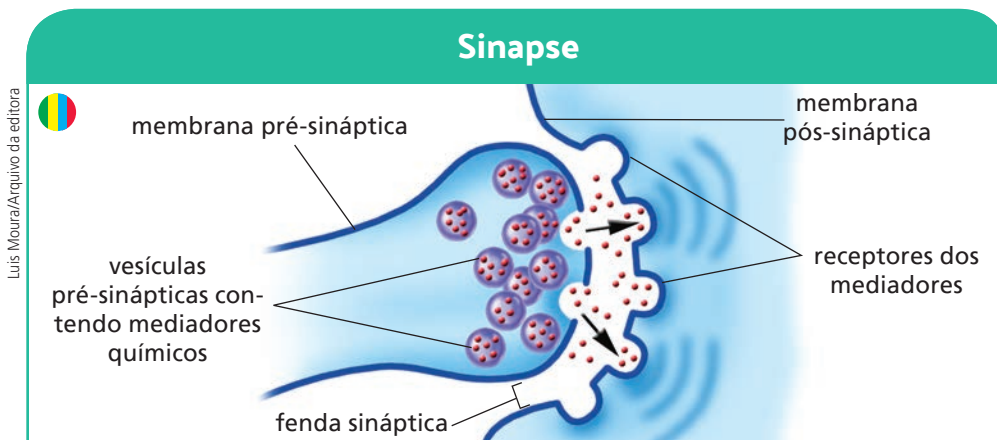
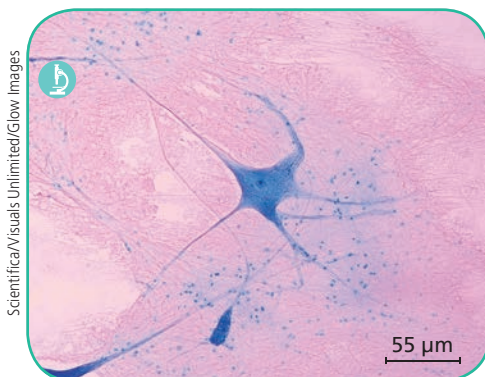
A letra **n** (minúscula) é o símbolo de **nano**, prefixo que significa 10^{-9}, o que é igual a 0,000 000 001. Associada a **m**, símbolo do metro, forma o símbolo **nm**, que representa o nanometro, submúltiplo do metro equivalente a 10^{-9} m, ou seja, 0,000 000 001 m ou um bilionésimo do metro.

SUGESTÃO DE ATIVIDADE

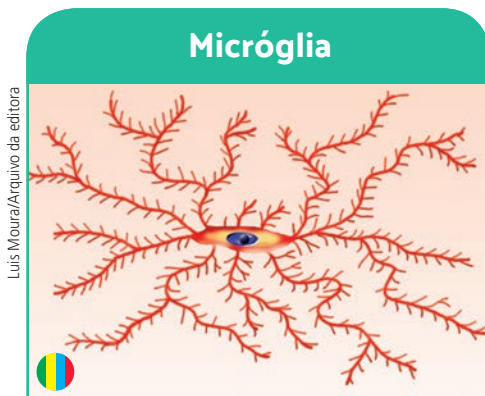
A região pela qual se estabelece a comunicação entre as ramificações do axônio e outras células chama-se **sinapse**.

Nela há um espaço muito pequeno (aproximadamente 20 nm) entre as superfícies das células, sendo esse espaço conhecido por **fenda sináptica**.

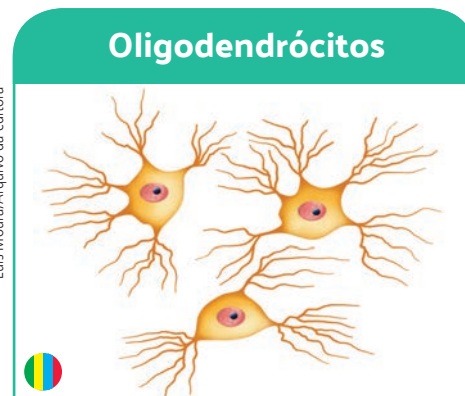
O mais comum é que essa comunicação se faça por meio de substâncias químicas liberadas na fenda sináptica pelas extremidades do axônio e recebidas pela célula pós-sináptica.

Sinapse

Luis Moura/Arquivo da editora

Scientifica/Visuals Unlimited/Glow Images

Neste corte histológico de tecido nervoso, é possível distinguir um **neurônio e diversos núcleos de células da glia**.

Além dos neurônios, o tecido nervoso é formado também por outras células denominadas **células da glia** ou células da **neuróglia.** Essas células são menores do que os neurônios e ocorrem em maior número. Possuem diversas funções, entre elas a de servir de sustentação para os neurônios. Dois tipos de células da glia são as células que formam a **micróglia** e os **oligodendrócitos**, representados nas ilustrações abaixo.

Micróglia

Luis Moura/Arquivo da editora

A **célula da micróglia** é a menor célula nervosa e participa da reparação da parte central do sistema nervoso, removendo restos celulares do tecido nervoso.

Oligodendrócitos

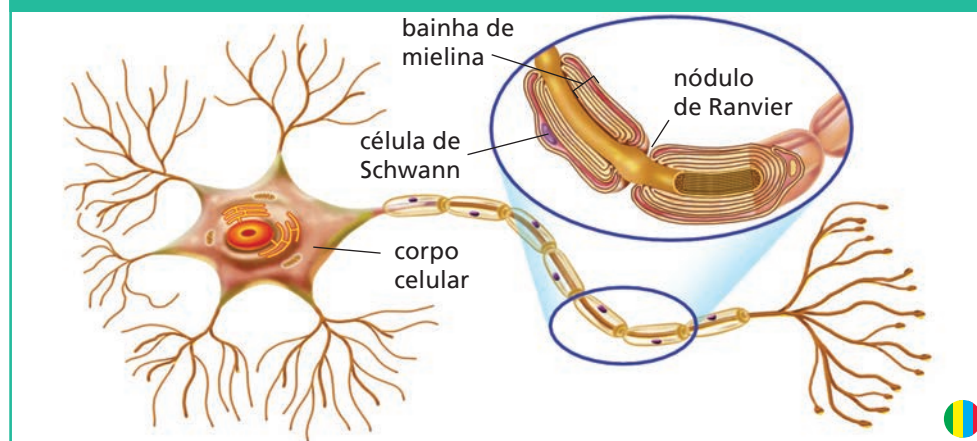
Luis Moura/Arquivo da editora

Os **oligodendrócitos** estão associados aos axônios dos neurônios da parte central do sistema nervoso. Eles participam da formação da chamada bainha de mielina.

Algumas células da glia podem emitir várias dobras que envolvem os axônios, formando a estrutura conhecida por **fibra nervosa (neurofibra)**. A fibra nervosa é, portanto, o conjunto formado pelo axônio e por dobras de algumas células da glia, que o envolvem.

Certas células da glia, como os oligodendrócitos, formam as dobras em torno da fibra nervosa, compondo a **bainha de mielina (estrato mielínico)**, o que geralmente ocorre em axônios espessos. A mielina, secretada pelas células que compõem a bainha, é uma substância lipídica que dá aspecto esbranquiçado à fibra nervosa.

Possuindo a bainha de mielina, a fibra é chamada de **fibra nervosa mielínica**. Em alguns casos, apenas uma dobra envolve o axônio, formando uma fibra conhecida por **fibra nervosa amielínica**.

Como mostra o desenho esquemático abaixo, que representa uma fibra nervosa mielínica, a bainha de mielina não é contínua. A região da fibra nervosa que não é revestida pela bainha de mielina é chamada nódulo de Ranvier. Essa característica está envolvida na forma de transmissão do impulso nervoso por esse tipo de fibra.

Um único oligodendrócito, por meio de seus prolongamentos, forma bainhas de mielina em diversas fibras nervosas. Diferentemente dos oligodendrócitos, cada célula de Schwann forma a bainha de mielina ao redor apenas de um segmento de um axônio, como mostra a ilustração. Referência: JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. *Histologia básica*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008, p. 161-163.

Neurônio mielínico

Luis Moura/Arquivo da editora

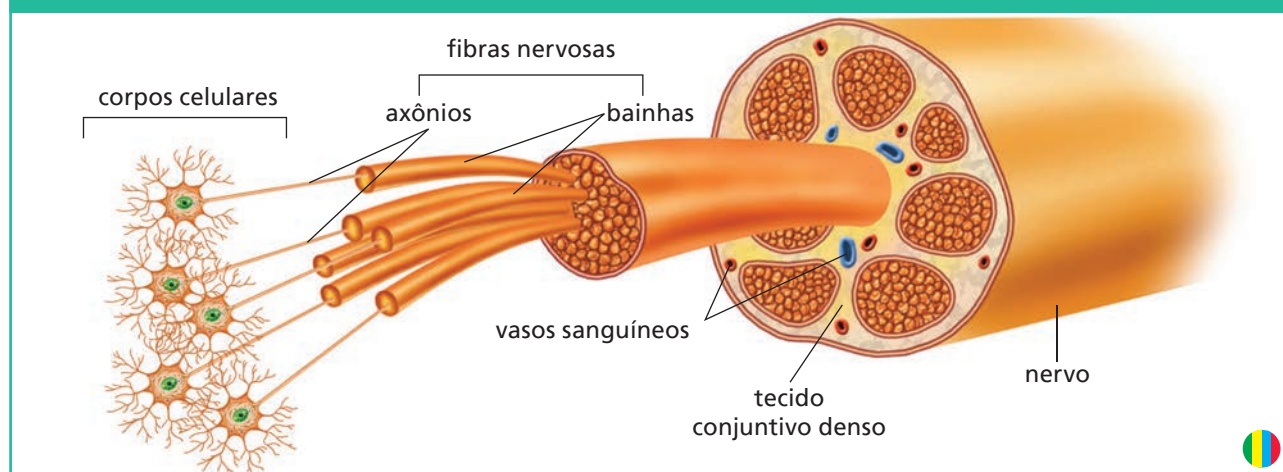
Esquema de **neurônio mielínico** encontrado na parte periférica do sistema nervoso. No detalhe, uma região do axônio está representada em corte.

Na parte central do sistema nervoso, na qual se localizam, por exemplo, o cérebro, o cerebelo e a medula espinhal, as células da glia cujas bainhas envolvem os axônios formando fibras mielínicas são os oligodendrócitos. Na parte periférica do sistema nervoso, formada pelos nervos e gânglios, as fibras mielínicas são constituídas por bainhas de um tipo especial de célula da glia denominadas **células de Schwann**.

Um feixe de axônios, ou fibras nervosas, forma um **nervo**, como representado esquematicamente na figura seguinte. Os nervos são revestidos por uma camada de tecido conjuntivo denso.

Esquema representando a estrutura interna de um **nervo**, formado por um feixe de fibras nervosas.

Nervo

Luis Moura/Arquivo da editora

RECORDE-SE

Substância branca
Conjunto formado por **axônios** e pelas **bainhas de mielina** que os envolvem.

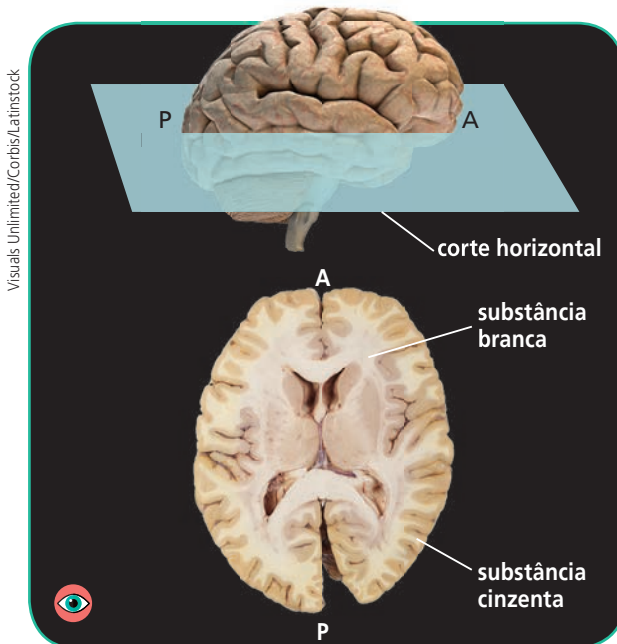
Substância cinzenta
Formada pelos **corpos celulares** dos neurônios.

Substância branca e substância cinzenta

No cérebro e no cerebelo, os corpos celulares dos neurônios situam-se na periferia desses órgãos, enquanto os prolongamentos (dendritos e principalmente axônios) situam-se na parte interna. Como muitos axônios são revestidos de mielina, que é esbranquiçada, a parte central do cérebro e do cerebelo tem essa cor e dizemos que é formada por **substância branca**. A presença dos corpos celulares dos neurônios na periferia do cérebro e do cerebelo faz com que eles tenham coloração acinzentada, à observação macroscópica. Falamos, então, em **substância cinzenta**.

O cérebro e o cerebelo possuem, portanto, substância cinzenta por fora e substância branca por dentro.

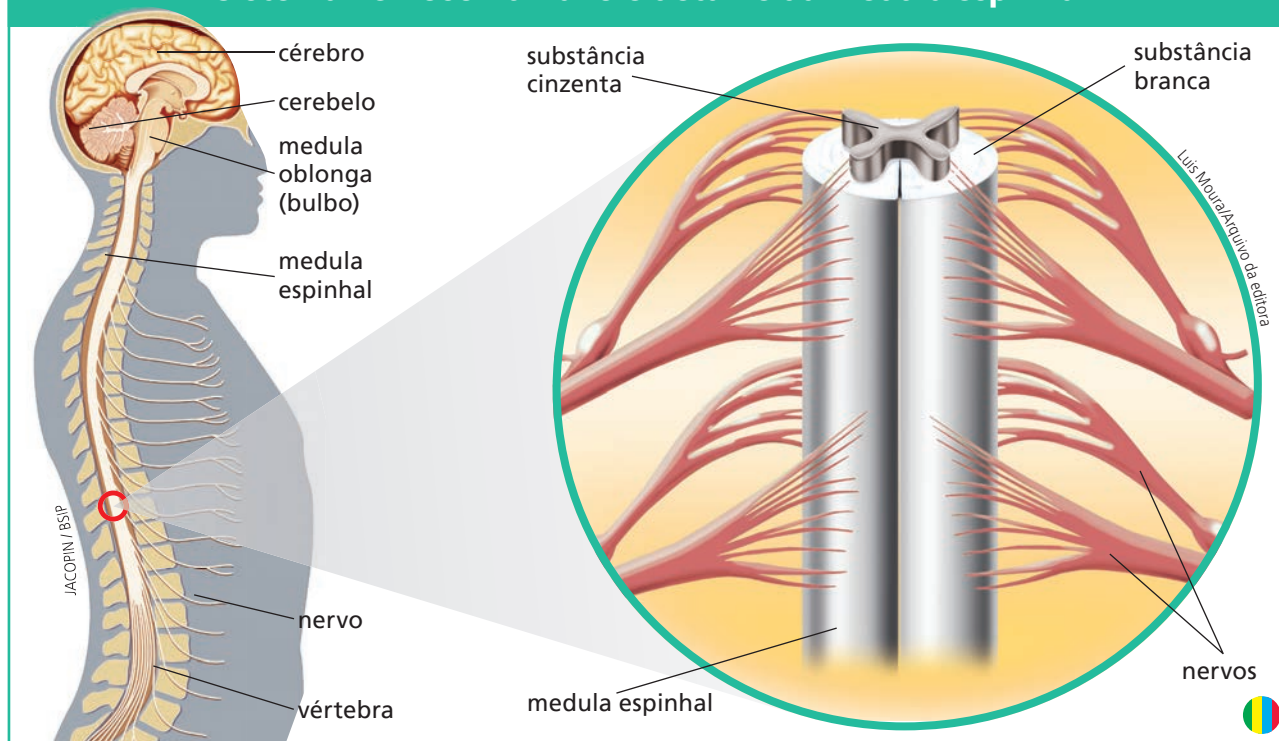
Na medula oblonga (bulbo) e na medula espinhal ocorre o contrário: a substância branca fica por fora e a substância cinzenta por dentro. Assim, os corpos celulares estão na parte interna, e os prolongamentos estão na periferia.

Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

Corte em plano horizontal de **cérebro humano.** As letras **A** e **P** indicam as regiões anterior e posterior do cérebro, respectivamente.

Esquema ilustrando o **sistema nervoso do ser humano**, em vista lateral e em corte. No detalhe, está representado um segmento da medula espinhal, mostrando seu interior.

Sistema nervoso humano e detalhe da medula espinhal

JACOPIN / BSIP

Luis Moura/Arquivo da editora

Orelha externa

Neste livro houve uma preocupação no sentido de usar a atual nomenclatura, em especial a nomenclatura anatômica, em consideração a um consenso universal, necessário à Ciência. Como ainda vivemos um período de certa transição, frequentemente usamos os termos tradicionais em conjunto com termos atuais. Alguns, no entanto, causam certa estranheza a todos nós, como é o caso, por exemplo, dos termos *orelha externa*, *orelha média* e *orelha interna*, em vez de *ouvido externo*, *ouvido médio* e *ouvido interno*. A nomenclatura atual leva-nos a abandonar a expressão consagrada *orelha* para designar a formação mais externa do nosso sistema auditivo, encarregada de captar os sons. Devemos a ela nos referir como *pavilhão auricular*, o que não nos é muito estranho, pois o termo semelhante, *pavilhão auditivo*, sempre nos foi comum.

Se, por um lado, é importante estarmos atualizados com a nomenclatura recente, fruto de um consenso universal, por outro lado é também conveniente estarmos atentos ao uso da nomenclatura tradicional, pois esta, com alguma frequência, ainda aparece em determinadas situações, inclusive em alguns vestibulares, livros e outras publicações.

O sangue

O sangue é uma mistura de aspecto líquido e coloração vermelha, que circula dentro do sistema cardiovascular, bombeado pelo órgão central desse sistema, que é o coração. Exerce a função vital de transportar os nutrientes e o gás oxigênio para todas as células do corpo. É ele também que transporta o gás carbônico e as excretas que deverão ser eliminadas do organismo.

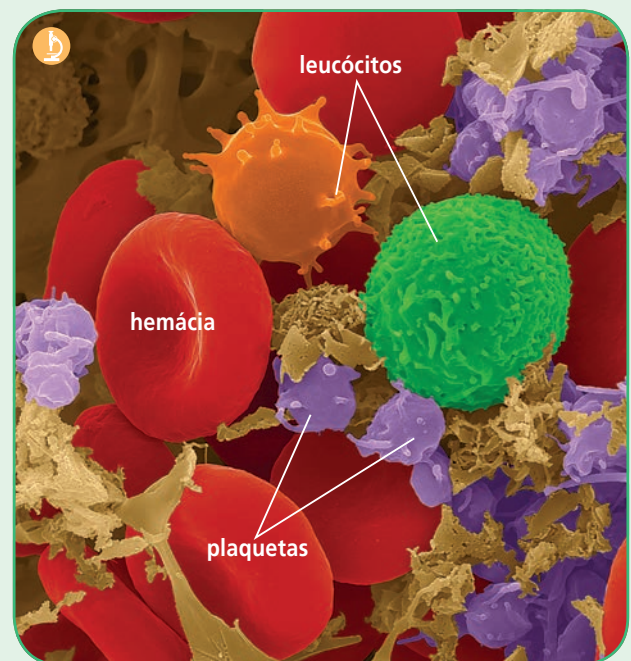
Sua parte líquida é o **plasma**, constituído de água, sais minerais e vários compostos orgânicos, tais como proteínas, aminoácidos, ácidos graxos, glicose, vitaminas e hormônios.

Além de todas essas substâncias, o sangue possui também células e fragmentos anucleados de células mergulhados no plasma.

As células que ocorrem em maior número são as **hemácias**, de coloração vermelha, devido a um pigmento chamado hemoglobina, responsável pelo transporte do gás oxigênio.

Outro tipo de célula é a branca, ou **leucócito**, maior do que as hemácias e que ocorre em número muito menor na corrente sanguínea. São vários os tipos de leucócito e uma de suas importantes funções é a defesa do corpo contra o ataque de micro-organismos causadores de doenças.

Os fragmentos anucleados de células são as **plaquetas**, com importante ação nos mecanismos de coagulação sanguínea.

O sangue historicamente vem sendo tratado como um tipo especial de tecido conjuntivo, no qual a substância intercelular é líquida. No entanto, pesquisadores que discordam dessa abordagem não consideram o sangue como tecido, baseando-se no argumento de que a substância intercelular, que é o plasma, não é produzida pelas células do próprio tecido. Apontamos aqui mais uma discordância de abordagem que existe na área das ciências biológicas, o que é natural em um processo de busca para entender a vida.

Dennis Kunkel/Phototake/Glow Images

Elementos do sangue humano: **hemácias**, **leucócitos** e **plaquetas**. As hemácias medem cerca de 7 μm de diâmetro.

1 A vaidade que exige cuidados

Desde os tempos pré-históricos, passando pelas civilizações egípcia e babilônica, asteca e maia, o pavilhão auricular é considerado um local apropriado para o uso de adereços. Mesmo atualmente, em todas as culturas – seja a ocidental moderna, a indígena sul-americana, a aborígene australiana, as tribais africanas –, as orelhas continuam sendo usadas para dependurar ossos, madeira, contas, ouro ou brilhantes. A maioria dos povos escolhe os lóbulos como o local mais adequado. Eles podem ser perfurados ou dilatados sem prejuízos à saúde, pois constituem-se principalmente de tecido gorduroso. É observado, porém, em todas as culturas mencionadas, o hábito de preservar a porção cartilaginosa das orelhas.

Hoje em dia o *piercing* é cada vez mais usado por jovens em diversas regiões do corpo e, comumente, na cartilagem do pavilhão auricular.

Às vezes, algo que parece apenas enfeitar ou embelezar pode trazer sérios riscos à saúde. A condrite do pavilhão auricular é uma inflamação na cartilagem que pode causar a deformação dessa estrutura, gerando a chamada "orelha em couve-flor".

O quadro típico de condrite inicia-se com dor e vermelhidão local, e evolui para edema e abscesso. O tratamento cirúrgico de praxe envolve o rebatimento da pele, drenagem da secreção purulenta e uma limpeza de toda a cartilagem comprometida. A região é lavada com soros e antibióticos, e o pós-operatório exige medicamentos e o uso de talas para auxiliar no processo de cicatrização. Após esse período, a cartilagem está livre da infecção, mas o pavilhão perde sua configuração anatômica normal. Atualmente, está sendo desenvolvida uma prótese de silicone para ser usada no processo de regeneração, que diminui o aspecto deformado.

imagebroker/Keystock

Em muitas culturas, é comum o uso de adereços no lóbulo auricular (na foto, membro de uma etnia da Etiópia).

Dr. P. Marazzi/SPL/Latinstock

Quando aplicado na cartilagem, o *piercing* pode causar graves inflamações, como mostrado na foto.

O uso de *piercing* só pode ser considerado seguro em locais onde não atravesse a cartilagem e desde que a aplicação seja feita com todos os cuidados de higiene necessários.

Fonte:

RIBEIRO, F. A. Q. A vaidade que pode mutilar. *Ciência Hoje*, vol. 31, n. 181, 2002, p. 51-52.

DEPOIS DA LEITURA...

a) Tecido adiposo, que é um tipo de tecido conjuntivo composto por adipócitos, células que armazenam lipídios no citoplasma.

a. A que tipo de tecido o texto se refere quando menciona o "tecido gorduroso" que preenche os lóbulos da orelha? Quais são as principais características desse tecido?

b. Qual é o principal tipo de cartilagem encontrado no pavilhão auricular? Quais são suas principais características? b) Cartilagem elástica, mais resistente a tensões do que a cartilagem hialina, por ser mais elástica.

c. No final do texto, é mencionada a importância de cuidados de higiene na aplicação de brincos e *piercing*. Que cuidados são esses e por que são importantes? Se necessário, busque informações em livros ou *sites* da área da saúde, citando as fontes consultadas em sua resposta. c) Os materiais utilizados na aplicação do *piercing* devem ser estéreis e descartáveis, o local deve ser limpo e os aplicadores devem usar luvas, máscaras de proteção e fazer corretamente a assepsia da pele.

2 Como a Histologia pode ajudar a desvendar o comportamento de um animal?

Vamos ver um exemplo de como a Histologia animal é fundamental nos processos de investigação em Biologia. Um grupo de pesquisadores brasileiros estudou o sapo da espécie *Rhaebo guttatus*, nativo da Amazônia, capaz de expelir veneno de forma ativa. Tal comportamento é diferente do observado em praticamente todas as espécies de sapos, rãs e pererecas, nas quais o veneno, localizado em glândulas da pele, é ejetado apenas quando as glândulas são comprimidas.

Carlos Jared/Acervo do fotógrafo

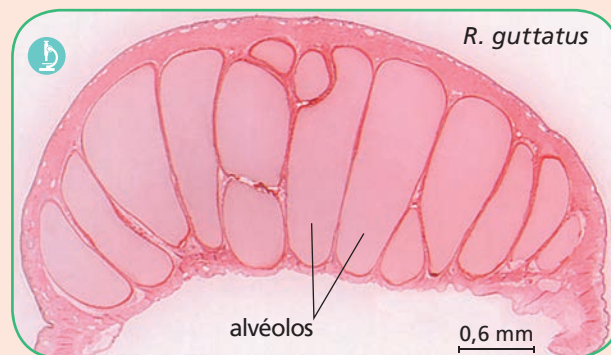
Sapo *Rhaebo guttatus* lançando veneno da glândula parotoide. Mede 10 cm de comprimento.

Nos sapos, existe uma região, localizada posteriormente a cada olho, onde há um aglomerado de glândulas microscópicas de veneno, constituindo as glândulas parotoides.

Qual seria a explicação para a espécie amazônica ser capaz de expelir veneno voluntariamente de suas glândulas parotoides? Os pesquisadores analisaram a morfologia dessas glândulas na espécie *Rhaebo guttatus*, a partir de cortes histológicos, com aplicação de determinados corantes, e observaram uma estrutura alveolar, ou seja, com glândulas organizadas em espaços chamados alvéolos.

Os cortes foram comparados com a morfologia de glândulas parotoides de outra espécie de sapo, *Rhinella marina*, que não libera veneno de forma ativa. Não foi encontrada nenhuma estrutura diferente nas glândulas de *Rhaebo guttatus*, ou seja, nada de diferente em sua estrutura histológica poderia explicar sua capacidade de ejetar veneno.

Os pesquisadores reuniram esses resultados com a observação do comportamento defensivo do sapo ao lançar veneno: as pernas dianteiras se estendem, os pulmões inflam, a boca abre e fecha repetidamente e uma das glândulas parotoides é apontada na direção do animal que o ameaça. Com os olhos e a boca fechados, ele move lateralmente a cabeça, o que causa a compressão das glândulas de veneno. Verificou-se, assim, que a capacidade de *Rhaebo guttatus* liberar ativamente veneno está relacionada ao seu movimento de defesa, e não a características teciduais de suas glândulas de veneno.

Carlos Jared/Acervo do fotógrafo

Carlos Jared/Acervo do fotógrafo

Cortes histológicos de glândula parotoide de *Rhinella marina* (superior) e de *Rhaebo guttatus*.

Fonte: JARED, C. et al. The Amazonian toad *Rhaebo guttatus* is able to voluntarily squirt poison from the paratoid macroglands. *Amphibia-Reptilia*, vol. 32, n. 4, 2011, p. 546-549.

DEPOIS DA LEITURA...

Faça uma pesquisa para descobrir outro caso em que a Histologia ajuda a entender um comportamento: a relação entre os raios solares e o ato de passar loção com filtro solar, analisando a estrutura histológica da pele humana. Indique esta relação na forma de um texto ou desenho esquemático.

Consulte o Manual.

ATIVIDADES

1. b) São os vasos sanguíneos da derme que trazem gás oxigênio e nutrientes para a lâmina basal, e esses materiais se difundem para as células da epiderme.

Revendo e aplicando conceitos

1. a) Os epitélios não possuem vasos sanguíneos, mas o tecido conjuntivo, que serve de sustentação para eles, sim. Ferimentos que atingem a derme, sangram pelas lesões em vasos sanguíneos.

1. A epiderme constitui uma importante barreira de proteção contra acidentes para o nosso organismo. Batidas de raspão provocam uma leve descamação, e quando ocorrem queimaduras superficiais surgem pequenas bolhas. Já acidentes mais graves, que perfuram a lâmina basal e atingem a derme, são acompanhados de sangramentos e exigem cuidados maiores.

a. Relacione esses fatos com a presença (ou ausência) de vasos sanguíneos nos epitélios e no tecido conjuntivo.

b. Explique como as células da epiderme obtêm oxigênio e nutrientes.

2. Compare os tecidos conjuntivos denso, frouxo e adiposo quanto à presença e à ocorrência de fibras no corpo humano. 2. Veja comentários no Manual.

3. "Os ossos, dentro do corpo, são estruturas vivas, porque consomem oxigênio". Você concorda? Acrescente mais argumentos para confirmar ou refutar essa afirmação.

4. Os ossos são, ao mesmo tempo, resistentes e flexíveis. Essas propriedades estão relacionadas com a composição química da matriz óssea: os minerais cálcio, fósforo e magnésio, e a proteína colágeno. Soluções ácidas são capazes de dissolver minerais, enquanto proteínas podem perder sua forma característica se submetidas a temperaturas elevadas. Considerando essas informações, acompanhe a descrição dos procedimentos realizados por um pesquisador, no laboratório.

Ele separou 3 ossos de galinha, limpos e de dimensões semelhantes. Mergulhou o osso que identificou como 1 em um recipiente com água destilada; o osso 2 foi mergulhado em um recipiente contendo ácido acético (vinagre). Os ossos 1 e 2 permaneceram assim durante 4 dias. Passado esse tempo, o pesquisador aqueceu o osso 3 em água fervente. Veja na tabela os resultados obtidos.

Não reproduza os procedimentos, a não ser sob a supervisão do professor.

Osso 1 (Água)	Osso 2 (Vinagre)	Osso 3 (Fervura)
O osso não teve o seu aspecto inicial modificado.	O osso ficou flexível, sendo possível dobrá-lo com os dedos.	O osso ficou quebradiço e sem flexibilidade.

4. a) Não. A flexibilidade do osso deve-se às fibras colágenas.

Interprete os resultados descritos na tabela, respondendo às questões seguintes.

a. No teste com o osso 2, houve destruição das fibras colágenas do osso? Justifique sua resposta.

3. Afirmação correta: os ossos apresentam células e são irrigados por vasos sanguíneos, que transportam oxigênio e nutrientes para essas células. Além disso, possuem capacidade de regeneração.

4. c) Com a fervura, o colágeno, que é uma proteína, sofreu desnaturação. Consequentemente, o osso perdeu sua flexibilidade e tornou-se quebradiço.

b. O que deve ter acontecido com o osso 2 para que ele se tornasse tão flexível?

4. b) O ácido acético retirou os sais de cálcio do osso, mas não alterou as fibras colágenas.

c. Sob altas temperaturas, proteínas sofrem desnaturação, no qual elas perdem sua forma característica e, consequentemente, perdem sua função. Explique os resultados observados no osso do teste 3.

d. Qual foi a importância do osso colocado em água (1) para esse experimento?

4. d) O osso 1 constitui o controle do experimento.

5. Nos discos intervertebrais, encontra-se cartilagem fibrosa. Em determinadas situações, os discos sofrem achatamento e deformação, podendo causar a chamada "hérnia de disco". Carregar frequentemente muito peso é um exemplo dessas situações.

a. Com base no enunciado e nas características da cartilagem fibrosa, qual é a função dos discos intervertebrais, sob condições normais?

b. Compare a cartilagem fibrosa com os outros tipos de cartilagem, quanto à resistência e à elasticidade.

5. b) Veja comentários no Manual.

6. Os músculos trabalham sob estímulo do sistema nervoso. Impulsos nervosos controlam os movimentos de contração e relaxamento, sejam os músculos voluntários ou involuntários, e chegam às células musculares pelos nervos.

Responda:

a. O que são nervos?

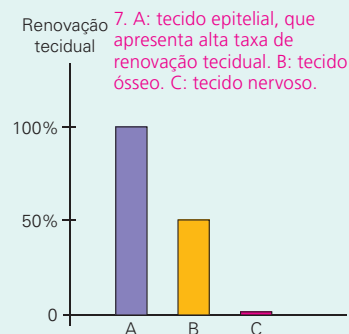
6. a) Feixes de fibras nervosas ou de axônios envolvidos por bainha de mielina.

b. Como ocorre a transmissão do impulso nervoso do neurônio ao músculo? Explique em linhas gerais.

6. b) Veja comentários no Manual.

Trabalhando com gráficos

7. Os diversos tecidos do corpo humano apresentam diferentes taxas de renovação, determinadas pela intensidade com que ocorrem as divisões celulares (processo no qual são geradas novas células) e a morte de células, entre outros fatores. O gráfico simplificado acima compara três tecidos animais quanto à taxa de renovação no organismo, em um determinado intervalo de tempo.

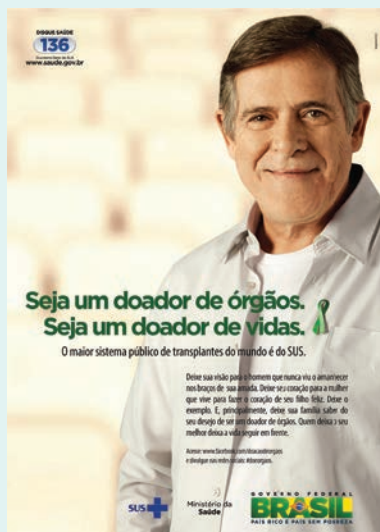
Renovação tecidual
100%
50%
0
A
B
C

7. A: tecido epitelial, que apresenta alta taxa de renovação tecidual. B: tecido ósseo. C: tecido nervoso.

Considere três tecidos: epitelial de revestimento, ósseo e nervoso. As letras **A**, **B** e **C** do gráfico correspondem a que tecido? Justifique sua resposta.

5. a) Conferem flexibilidade à coluna vertebral, permitindo o movimento relativo entre as vértebras sem que haja desgaste entre elas, e oferecem resistência à coluna quando nos movimentamos ou carregamos peso.

Ciência, Tecnologia e Sociedade

8. De acordo com o Ministério da Saúde, o número de doadores de órgãos e de tecidos no Brasil aumenta a cada dia e, com ele, o número de transplantes realizados no país.

Divulgação

Além de órgãos como coração, fígado e rins, podem ser doados:

- córneas (retiradas do corpo do doador até seis horas depois da morte e mantidas por até sete dias);
- medula óssea (se compatível, feita por meio de aspiração óssea ou coleta de sangue);
- pele (retirada do corpo do doador até seis horas depois da morte);
- cartilagem (retirada do corpo do doador até seis horas depois da morte);
- ossos (retirados do corpo do doador até seis horas depois da morte e mantidos por até cinco anos).

Para mais informações, consulte o *site* do Ministério da Saúde, disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/sas/transplantes> (acesso em: 03 fev. 2016).

Reúna-se com seus colegas e juntos conversem a respeito das questões a seguir:

8. a) Epitelial e conjuntivo.

a. Citem dois tecidos presentes na pele humana.

b. Qual é a importância do transplante de medula óssea vermelha? 8. b) A produção de células sanguíneas e plaquetas em pessoas com problemas na hematopoiese.

c. Façam uma pesquisa para descobrir quais são as condições legais para a retirada de órgãos e tecidos de uma pessoa declarada morta.

8. c) Consulte o Manual.

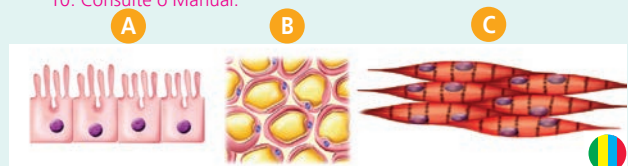
d. Organizem uma campanha em sua comunidade para conscientização a respeito da importância da doação de órgãos e tecidos. 8. d) Resposta pessoal.

Questões do Enem e de vestibulares

9. (UFPR) Sabendo que as glândulas são um tipo de tecido epitelial, explique a diferença na formação de uma glândula exócrina e de uma endócrina.

9. Consulte o Manual.

10. (UFCE) Observe os três conjuntos celulares básicos (A, B e C), encontrados nos animais. Os desenhos esquemáticos aqui representados foram realizados a partir de cortes histológicos, visualizados em microscopia óptica, mas não estão na mesma proporção de tamanho entre um conjunto e outro. Todas as células são nucleadas. Relacione forma-função de cada conjunto celular e responda ao que se pede na tabela.

10. Consulte o Manual.

A B C

Luis Moura/Arquivo da editora

Conjunto celular	Função principal	Evidência citológica que comprova a função	Folheto embrionário que origina conjunto celular
A	♣♣♣	♣♣♣♣♣♣	♣♣♣♣♣♣
B	♣♣♣	♣♣♣♣♣♣	♣♣♣♣♣♣
C	♣♣♣	♣♣♣♣♣♣	♣♣♣♣♣♣

11. (Enem-2015) A toxina botulínica (produzida pelo bacilo *Clostridium botulinum*) pode ser encontrada em alimentos malconservados, causando até a morte de consumidores. No entanto, essa toxina modificada em laboratório está sendo usada cada vez mais para melhorar a qualidade de vida das pessoas com problemas físicos e/ou estéticos, atenuando problemas como o blefaroespasmo, que provoca contrações involuntárias das pálpebras.

BACHUR, T. P. R. et al. Toxina botulínica: de veneno a tratamento. *Revista Eletrônica Pesquisa Médica*, n. 1, jan.- mar. 2009 (adaptado).

O alívio dos sintomas do blefaroespasmo é consequência da ação da toxina modificada sobre o tecido

a. glandular, uma vez que ela impede a produção de secreção de substâncias na pele.

b. muscular, uma vez que ela provoca a paralisia das fibras que formam esse tecido. 11. b

c. epitelial, uma vez que ela leva ao aumento da camada de queratina que protege a pele.

d. conjuntivo, uma vez que ela aumenta a quantidade de substância intercelular no tecido.

e. adiposo, uma vez que ela reduz a espessura da camada de células de gordura do tecido.

Glossário etimológico

A

a: do grego *a* = sem, prefixo de negação

aero: do grego *aer* = ar; em geral relacionado à presença de oxigênio

an: do grego *an* = não, prefixo de negação

anfi: do grego *amphi* = de um e outro lado

antropo: do grego *anthropo* = ser humano

arqueo: do grego *archaios* = antigo; primitivo

aster: do grego *astér* = estrela

auto: do grego *autos* = próprio; de si mesmo

B

bi: dois, duas

bio: do grego *bio* = vida

C

cario: do grego *káryon* = núcleo

centro: do latim *centrum* = meio, região central

ciclo: do grego *kiklos* = círculo; circular

cinese: do grego *kinesis* = movimento

cito: do grego *kytos* = célula

cloro: do grego *chloros* = verde

condro: do grego *chondro* = cartilagem

copro: do grego *copros* = fezes

cromo: do grego *kroma* = cor

D

derme: do grego *derma* = pele

deutero: do grego *deuterus* = segundo; secundário

di: do grego *di* = dois, duas

diplo: do grego *diploos* = duplo, dois

E

eco: do grego *oikos* = casa

ecto: do grego *ektos* = externo

endo: do grego *endon* = interno

enteron: do grego *enteron* = intestino

epi: do grego *epi* = em cima; sobre

esperma: do grego *sperma* = semente

estoma: do grego *stoma* = boca

eu: do grego *eu* = verdadeiro

exo: do grego *exo* = externo

F

fagia, fago: do grego *phagein* = ingerir

filia: do grego *philía* = atração; afinidade

fita, fito: do grego *phyton* = planta

fobia: do grego *phobía* = medo; rejeição

foto: do grego *photos* = luz

G

game: do grego *gamos* = união; casamento

gênese: do grego *genes* = origem; nascer

geo: do grego *geô* = terra

H

helminto: do grego *helmintho* = verme

hemi: do grego *hémi* = meio, pela metade

hemo: do grego *haima* = sangue

hetero: do grego *heteros* = diferente

hidro: do grego *hydor* = água

hiper: do grego *hyper* = sobre; maior

hipo: do grego *hypo* = sob; menor

histo: do grego *histos* = tecido

holo: do grego *holos* = todo

homo (ou **homeo**): do grego *homoios* = semelhante; parecido

I

inter: do latim *inter* = entre

intra: do latim *intra* = dentro

iso: do grego *isos* = igual

L

lécito: do grego *lékithos* = vitelo

leuco: do grego *leukos* = branco

lise: do grego *lysis* = quebra; separação; rompimento

lito: do grego *lithos* = rocha

logia: do grego *logos* = discurso; estudo

luca: do latim *lux* = brilho; luz; luminescência

M

macro: do grego *makros* = grande

mero: do grego *meros* = parte

meso: do grego *mesos* = meio

meta[1]: do grego *meta* = ao lado; além de; em paralelo

meta[2]: do grego *metábole* = mudança; transformação

micro: do grego *mikros* = pequeno

mio: do grego *myo* = músculo

mono: do grego *mono* = único

morfo: do grego *morphe* = forma

multi: do latim *múltus* = muitos(as)

N

nocti: do latim *noctis* = noite

O

oligo: do grego *olígos* = poucos(as)

oni: do latim *omni* = tudo

osteo: do grego *osteo* = osso

oxo: do grego *oxys* = afiar, no sentido de agudo

P

pato: do grego *páthos* = doença

pecilo: do grego *poikilo* = variado, diverso

pino: do grego *pínō* = beber

plato: do grego *plattus* = achatado

pluri: do latim *plúris* = muito(a)

podes: do grego *podes* = pés

poli: do grego *polys* = muitos(as)

poro: do grego *porus* = orifício

proto: do grego *protos* = primeiro

pseudo: do grego *pseudes* = falso

R

ragia: do grego *rhag* = derramamento; fluxo

riza: do grego *rhiza* = raiz

S

sacaro: do grego *sakcharon* = açúcar

síntese: do grego *sýnthesis* = reunião; composição; formação

soma: do grego *soma* = corpo

T

teca: do grego *theke* = envoltório; carapaça; "casca"

telo: do grego *telos* = fim

termo, térmico(a): do grego *therme* = calor

tetra: do grego *tetras* = quatro

tomo, tomia: do grego *tomos* = corte

tri: do grego *tria* = três

trofo: do grego *trophus* = relativo à nutrição; alimento

U

uni: do latim *uni* = um; uma

V

voro: do latim *voros* = que come; devora

Z

zoário: do grego *zoon* + *ário* = relativo a um grupo animal

zoo: do grego *zoon* = animal

zigoto: do grego *zygotos* = unido

Índice remissivo

A

B

C

D

E

F

G

H

I

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

Z

Bibliografia

ACADEMIA BRASILEIRA DE LETRAS. *Vocabulário ortográfico da Língua Portuguesa*. 5. ed. São Paulo: Global, 2009.

ALBERTS, B.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. *Biologia molecular da célula*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

ARMS, K. *Holt Environmental Sciences*. Austin: Holt, Rinehart and Winston, 2000.

BEI. *Como cuidar do seu meio ambiente*. 3. ed. São Paulo: Bei Comunicação, 2010.

BENSUSAN, N. *Dividir para quê?* Biomas do Brasil. Brasília, DF: IEB Mil Folhas, 2015.

______. (Org.). *Seria melhor mandar ladrilhar?* Biodiversidade – como, para que, por quê. Brasília, DF: Instituto Socioambiental; Editora UnB, 2002.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil*: informe 2010. DF: ANA, 2010.

______. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Orientações curriculares para o ensino médio volume 2:* Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, DF: MEC/SEB, 2006.

______. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio*. Brasília, DF: MEC/SEMTEC, 1998.

______. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio*. Brasília, DF: MEC/SEMTEC, 1999.

BRYSON, B. *Breve história de quase tudo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

CAMPBELL, N.; REECE, J. *Campbell biology*: concepts and connections. 8. ed. Nova York: The Benjamin/Cummings Publishing, 2009.

CUNHA, A. G. *Dicionário etimológico da Língua Portuguesa*. 4. ed. Rio de Janeiro: Faperj/Lexicon, 2010.

DIAS, G. F. *Educação ambiental:* princípios e práticas. São Paulo: Editora Gaia, 2000.

DI DIO, L. J. A. *Tratado de anatomia aplicada*. São Paulo: Polluss, 1998.

FRIEDMAN, M.; FRIEDLAND, G. W. *As dez maiores descobertas da Medicina*. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

GILBERT, S. F. *Developmental biology*. 6. ed. Sinauer Associates, 2000.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Tratado de fisiologia médica*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

HARVEY, R. A.; CHAMPE, P. C.; FISHER, B. D. *Microbiologia ilustrada*. Porto Alegre: Artmed, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. *Sistema Internacional de Unidades* – SI. Rio de Janeiro: InMetro, 2012.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. *Histologia básica*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

MADER, S. *Concepts of biology*. 2. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2011.

MARGULIS, L.; SCHWARTZ, K. V. *Cinco reinos:* um guia ilustrado dos filos da vida na terra. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

MARZOCCO, A.; TORRES, B. B. *Bioquímica básica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

McARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. *Fisiologia do exercício*: energia, nutrição e desempenho humano. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

MOORE, K. L.; DALLEY, A. F. *Anatomia orientada para a clínica*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

______. ; PERSAUD, T. V. N. *Embriologia básica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

NETTER, F. H. *Atlas de anatomia humana*. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

PHILLIPSON, O. *Atlas geográfico mundial*. São Paulo: Fundamento, 2010.

PURVES, W. K.; ORIANS, G. H.; HELLER, H. C.; SADAVA, D. *Life*: the science of biology. Salt Lake City: Sinauer Associates Inc., 1998.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.

RICKLEFS, R. B. *A economia da natureza*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

RIDLEY, M. *Evolução.* 3. ed. Porto Alegre: Artmed. 2006.

SBPC/FUNDAÇÃO BRADESCO. *Ciência Hoje na Escola* – Química no dia a dia. São Paulo: Global, 1998.

SCHMIDT-NIELSEN, K. *Fisiologia animal:* adaptação e meio ambiente. 5. ed. São Paulo: Livraria Editora Santos, 2002.

SOLOMON, E. P.; BERG, L. R.; MARTIN, D. W.; VILLE, C. *Biology*. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1993.

TEIXEIRA, W. et al. (Org.). *Decifrando a Terra*. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.

TORTORA, G. J.; GRABOWSKI, S. R. *Corpo humano*: fundamentos de anatomia e fisiologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2006.

Sites consultados

Agência Espacial Norte-americana – Nasa. Disponível em: <http://www.nasa.gov>. Acesso em: 15 mar. 2016.

AmphibiaWeb: Information on amphibian biology and conservation. 2016. Berkeley, California: AmphibiaWeb. Disponível em: <http://amphibiaweb.org/>. Acesso em: 15 mar. 2016.

BRASIL. *Estatuto da criança e do adolescente*: lei n. 8.069, de 13 de julho de 1990, e legislação correlata. 9. ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2010. Disponível em: < http://www.crianca.mppr.mp.br/arquivos/File/publi/camara/estatuto_crianca_adolescente_9ed.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Ciência Hoje. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz. Disponível em: <http://portal.fiocruz.br/>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Instituto Akatu. *Consumo consciente para um futuro sustentável*. Disponível em: <http://www.akatu.org.br>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. *Atlas geográfico escolar na internet*. Disponível em: <http://atlasescolar.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (Ibama), Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Instituto Butantan. Disponível em: <http://www.butantan.gov.br>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Instituto Nacional do Câncer José de Alencar Gomes da Silva. Disponível em: < http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/inca/portal/home>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Instituto Socioambiental – ISA. Disponível em: <https://www.socioambiental.org>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Nature. Disponível em: <http://www.nature.com>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Ministério da Educação. *Portal do Professor.* <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/index.html>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Ministério da Saúde. *Portal da Saúde.* Disponível em: <http://www.saude.gov.br>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Ministério do Meio Ambiente – MMA. Disponível em: <http://mma.gov.br/sitio/>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Nações Unidas no Brasil. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Observatório Nacional. Disponível em: <http://www.on.br>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Pesquisa Fapesp. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br>. Acesso em: 15 mar. 2016.

RIO+20. *Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em: <http://www.rio20.gov.br/>. Acesso em: 15 mar. 2016.

United Nations. *Framework Convention on Climate Change*. Disponível em: <http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php>. Acesso em: 15 mar. 2016.

WWF Brasil. Disponível em: <http://www.wwf.org.br>. Acesso em: 15 mar. 2016.

MANUAL DO PROFESSOR

VOLUME 1

Eric Isselee/Shutterstock

SUMÁRIO

Apresentação

Professor(a), muitas pessoas colaboraram com esta coleção, e nosso trabalho foi feito com muita dedicação e respeito a você e aos alunos.

Queremos estabelecer uma relação de interlocução com você. Da mesma maneira que desejamos contribuir com seu trabalho, ficaríamos honrados em receber de você comentários e devolutivas sobre nossas sugestões e ideias, incluindo resultados obtidos em suas práticas escolares. Cada realidade educacional é singular, e o compartilhamento de vivências entre nós representa um fortalecimento para nosso desenvolvimento profissional.

Ao elaborarmos esta coleção, procuramos:

- propor situações de aprendizagem que auxiliem os alunos a compreender os fenômenos biológicos, de forma a colaborar com sua formação integral e o desenvolvimento de uma consciência crítica;
- discutir conteúdos de forma interdisciplinar e contextualizada, valorizando os significados que os alunos atribuem ao que for aprendido;
- ressaltar que os conhecimentos científicos, por serem produtos de investigações e estarem em constante desenvolvimento, não são absolutos nem acabados, e relacionar avanços tecnológicos ao desenvolvimento da Ciência;
- evidenciar que no desenvolvimento de determinados conhecimentos tornam-se necessárias a experimentação, a utilização de equipamentos diferenciados e a busca por diversos meios de informação;
- propor atividades diversificadas que possibilitem o exercício da criatividade por parte de cada aluno e atividades em que a construção de conhecimentos ocorra de forma coletiva, na interação entre os alunos e entre estes e você;
- valorizar os conhecimentos prévios dos alunos, reconhecendo-os como sujeitos com saberes e potenciais;
- estimular a reflexão sobre questões éticas que envolvam dimensões humanas como cultura, sociedade, política, Ciência e tecnologia, tendo como referência os Direitos Humanos;
- oferecer condições para que os alunos compreendam a realidade que os cerca e, assim, possam atuar na sociedade de forma ativa, possibilitando o desenvolvimento de aprendizagens e percebendo a importância de saberem posicionar-se diante de diferentes assuntos e interlocutores.

Os seguintes tópicos serão tratados neste Manual do Professor:

- **princípios da coleção**: apresentação dos princípios filosóficos e pedagógicos, assim como diretrizes educacionais que fundamentam esta coleção;
- **estrutura da coleção**: descrição das características da obra, contendo a estrutura comum aos três volumes;
- **orientações e sugestões para o trabalho com este volume**: apresentação de comentários específicos a respeito de cada unidade e capítulo deste volume; proposição de atividades e leituras adicionais e, ainda, sugestões complementares de respostas às atividades presentes nos capítulos.

Professor(a), faça comentários e sugestões por carta, telefone ou *e-mail*, usando os contatos da editora, disponíveis na página 2 do livro.

Princípios da coleção

Em 1990, em Jomtien, Tailândia, realizou-se uma conferência que discutiu como seria possível assegurar o direito à educação básica a todos os seres humanos. Como fruto dessa discussão, os diversos países participantes elaboraram a *Declaração Mundial sobre Educação para Todos* (Unesco, 1998). Trata-se de um documento que propõe aos sistemas de ensino um plano de ações focado no atendimento às necessidades básicas de aprendizagem de toda pessoa, as quais

> [...] compreendem tanto os instrumentos essenciais para a aprendizagem (como a leitura e a escrita, a expressão oral, o cálculo, a solução de problemas), quanto os conteúdos básicos da aprendizagem (como conhecimentos, habilidades, valores e atitudes) necessários para que os seres humanos possam sobreviver, desenvolver plenamente suas potencialidades, viver e trabalhar com dignidade, participar plenamente do desenvolvimento, melhorar a qualidade de vida, tomar decisões fundamentadas e continuar aprendendo.
>
> (Unesco, 1998)

Esta coleção compartilha a visão presente na Declaração da Unesco sobre a importância e as possibilidades da educação para o ser humano, utilizando as suas concepções como alicerce desta obra didática. Acreditamos que uma das formas de democratizar a educação seja através da confecção de bons instrumentos de aprendizagem, que constituam fonte confiável de estudo para o aluno e uma ferramenta didática de apoio ao trabalho desenvolvido pelo(a) professor(a). Assim, esta coleção de livros didáticos

apresenta seleção de conteúdos relevantes, abordados de forma atraente ao jovem e que permitem aprofundar o entendimento sobre Ciência, tecnologia e assuntos relacionados.

Nesta obra, a interface entre as questões científicas e sua aplicação no cotidiano permite que os alunos entendam e se relacionem melhor com aspectos do seu dia a dia, de forma a estimular suas potencialidades e contribuir com sua formação integral. A aprendizagem contextualizada e o estímulo à reflexão de questões éticas permitem uma maior consciência crítica dos alunos, o que aumenta sua ação na comunidade e o desejo de continuar aprendendo.

Além dessa visão, consideramos que o Ensino Médio é a etapa que consolida o ideal de escola para todos. Nesse sentido, as Diretrizes Nacionais do Ensino Médio (DCNEM) indicam alguns caminhos:

> Artigo 13- As unidades escolares devem orientar a definição de toda proposição curricular, fundamentada na seleção dos conhecimentos, componentes, metodologias, tempos, espaços, arranjos alternativos e formas de avaliação, tendo presente:
>
> I - as dimensões do trabalho, da ciência, da tecnologia e da cultura como eixo integrador entre os **conhecimentos de distintas naturezas**, contextualizando-os em sua dimensão histórica e em relação ao contexto social contemporâneo;
>
> II - **o trabalho como princípio educativo**, para a compreensão do processo histórico de produção científica e tecnológica, desenvolvida e apropriada socialmente para a transformação das condições naturais da vida e a ampliação das capacidades, das potencialidades e dos sentidos humanos;
>
> III - a **pesquisa** como princípio pedagógico, possibilitando que o estudante possa ser protagonista na investigação e na busca de respostas em um processo autônomo de (re)construção de conhecimentos.
>
> IV - os **direitos humanos** como princípio norteador, desenvolvendo-se sua educação de forma integrada, permeando todo o currículo, para promover o respeito a esses direitos e à convivência humana.
>
> V - a **sustentabilidade socioambiental** como meta universal, desenvolvida como prática educativa integrada, contínua e permanente, e baseada na compreensão do necessário equilíbrio e respeito nas relações do ser humano com seu ambiente.
>
> (Brasil, 2012, p. 4, grifos nossos)

A partir dos caminhos sugeridos pelas DCNEM, procuramos estruturar esta coleção de forma a garantir que o ensino de Biologia possa inserir o aluno na sociedade de forma mais consciente e ativa, podendo participar da transformação da sua realidade. Por meio de textos e imagens, buscamos demonstrar a importância da pluralidade cultural para a vida em sociedade, com exemplos da participação positiva de mulheres, idosos, afrodescendentes, indígenas e povos do campo. Desta forma pretende-se auxiliar no reconhecimento dos mesmos e na construção de uma sociedade mais solidária, justa e igualitária. Entendemos que o ensino de Biologia tem muito a contribuir com o projeto de escola para todos.

Outros fundamentos importantes para a elaboração da coleção dentro dessa perspectiva foram baseados nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), dos quais selecionamos alguns dos trechos mais relevantes para nosso trabalho:

> O conhecimento de Biologia deve subsidiar o julgamento de questões polêmicas, que dizem respeito ao desenvolvimento, ao aproveitamento de recursos naturais e à utilização de tecnologias que implicam intensa intervenção humana no ambiente, cuja avaliação deve levar em conta a dinâmica dos ecossistemas, dos organismos, enfim, o modo como a natureza se comporta e a vida se processa. [...]
>
> No século XX presenciou-se um intenso processo de criação científica, inigualável a tempos anteriores. A associação entre ciência e tecnologia se amplia, tornando-se mais presente no cotidiano e modificando cada vez mais o mundo e o próprio ser humano. Questões relativas à valorização da vida em sua diversidade, à ética nas relações entre seres humanos, entre eles e seu meio e o planeta, ao desenvolvimento tecnológico e sua relação com a qualidade de vida marcam fortemente nosso tempo, pondo em discussão os valores envolvidos na produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico. [...]
>
> Mais do que fornecer informações, é fundamental que o ensino de Biologia se volte para o desenvolvimento de competências que permitam ao aluno lidar com as informações, compreendê-las, elaborá-las, refutá-las, quando for o caso, enfim, compreender o mundo e nele agir com autonomia, fazendo uso dos conhecimentos adquiridos da Biologia e da tecnologia. [...]
>
> No ensino de Biologia, enfim, é essencial o desenvolvimento de posturas e valores pertinentes às relações entre os seres humanos, entre eles e o meio, entre o ser humano e o conhecimento, contribuindo para uma educação que formará indivíduos sensíveis e solidários, cidadãos conscientes dos processos e regularidades do mundo e da vida, capazes, assim, de realizar ações práticas, de fazer julgamentos e de tomar decisões.
>
> (Brasil, 2002-a, p. 219, 220, 225 e 226)

Percebe-se claramente que, segundo os PCNEM, as questões socioambientais devem estar presentes como eixo estruturante no ensino de Biologia. Ao mesmo tempo, os alunos precisam desenvolver habilidades importantes para que façam a análise de tais questões. A partir dessas considerações, foram elaboradas atividades de pesquisa, análise crítica, comparação de dados, intervenção social, entre outras, dentro da perspectiva de promoção da sustentabilidade e do respeito ao ambiente no qual estamos inseridos. Os textos, em muitos momentos, apresentam conceitos de modo argumentativo, procurando envolver o leitor na construção do conhecimento. Dessa forma, acreditamos que os livros desta coleção podem contribuir com o trabalho docente, visando à formação integral de seres humanos mais comprometidos com a evolução da nossa sociedade para rumos mais sustentáveis e éticos.

O Manual do Professor foi concebido para servir de apoio ao seu trabalho, trazendo elementos que permitem aprofundamento conceitual, comentários e sugestões a respeito das situações de aprendizagem, propostas ao longo dos volumes desta coleção.

Conhecer e acolher os alunos

Dayrell (2003) alerta-nos a respeito da imagem corrente em nossa sociedade de que a juventude seria basicamente uma mera transição à vida adulta, regida por uma lógica do que o autor chama de "vir a ser".

Essa concepção, infelizmente, ainda está muito presente na escola: em nome do "vir a ser" do aluno, traduzido no diploma e nos possíveis projetos de futuro, tende-se a negar o presente vivido pelo jovem como espaço válido de formação, bem mais amplo do que apenas o futuro (Dayrell, 2003, p. 41).

Face a esse cenário, cabe a nós, educadores, indagarmo-nos: quem são os alunos com os quais nos deparamos em sala de aula no Ensino Médio? Que questões sociais, filosóficas, afetivas, políticas, entre outras, são trazidas por eles à escola e merecem ser consideradas por nós em nosso trabalho? De que maneira podemos agir como interlocutores, a fim de que a partir dessa relação desenvolvam-se oportunidades de aprendizagem – para eles e para nós?

Essas e outras questões expressam inúmeros desafios que se colocam ao Ensino Médio, exigindo de nós, educadores, uma ressignificação desse nível da escola básica (Brasil, 2012).

Com a perspectiva de um imenso contingente de adolescentes, jovens e adultos, que se diferenciam por condições de existência e perspectivas de futuro desiguais, é que o Ensino Médio deve trabalhar. Está em jogo a recriação da escola que, embora não possa por si só resolver as desigualdades sociais, pode ampliar as condições de inclusão social, ao possibilitar o acesso à ciência, à tecnologia, à cultura e ao trabalho (Brasil, 2012).

Diante do exposto, o ensino precisa aproximar-se mais dos jovens, investindo em adaptações curriculares que motivem o estudo e atendam suas necessidades educacionais. Essa abordagem pretende contribuir com a acessibilidade universal dos alunos à escola, uma vez que os auxilia nas demandas enfrentadas cotidianamente.

Nesse contexto, a presente coleção traz, no livro do aluno e no Manual do Professor, seleção de conteúdos e diversidade de propostas que estimulam a compreensão científica e tecnológica dos processos produtivos, procurando contextualizar os temas da Biologia em cenários do cotidiano e/ou dos quais os alunos podem participar de modo ativo e crítico.

Além disso, são propostas pesquisas e atividades que extrapolam os limites da sala de aula, visando cultivar o protagonismo dos alunos a partir de uma relação de ensino e aprendizagem emancipatória.

Os livros desta coleção procuram trazer oportunidades para que você se aproxime de seus alunos, principalmente por meio das atividades propostas. Consideramos interessante desenvolver, em sala de aula, a postura de orientador, auxiliando os jovens a refinar seus questionamentos e argumentos, selecionar fontes confiáveis de informação, interpretar gráficos e esquemas, entre outros aspectos.

Conhecer os alunos e abrir espaço para que eles organizem projetos que considerem as formas de expressão típicas de sua idade e região são formas de acolhimento às suas particularidades e aprimoramento pessoal. Tais situações de aprendizagem permitem aumentar a autonomia intelectual dos alunos, ampliar seu pensamento crítico e estruturar sua formação ética.

Ensinar buscando contextualização e interdisciplinaridade

Na perspectiva de ensino que estamos considerando, professores e alunos educam-se mutuamente, em constante interlocução. Eles são parceiros do processo educacional, em um exercício contínuo de compreender a realidade.

Na busca pela compreensão da realidade, entendemos que a contextualização e a interdisciplinaridade são alicerces do ensino.

A contextualização procura estabelecer relações diretas e claras entre os conteúdos e a realidade vivida pelos alunos.

> O professor deve ter presente que a contextualização pode – e deve – ser efetivada no âmbito de qualquer modelo de aula. **Existe a possibilidade de contextualização tanto em aulas mais tradicionais, expositivas, quanto em aulas de estudo do meio, experimentação ou no desenvolvimento de projetos**. A própria escola e seu entorno podem servir de ponto de partida para a contextualização. A presença ou a ausência de elementos biológicos nesse espaço configura-se como um bom elemento para iniciar qualquer assunto na disciplina. Se o aluno começar a enxergar para além de sua realidade cotidiana, se perceber novos fatos e levantar novas questões, mesmo sobre lugares e coisas que não lhe são tão familiares, então o princípio da contextualização terá acontecido. É o respeito e a valorização das especificidades locais que garantem a reconstrução permanente do currículo de qualquer disciplina.
>
> É importante, também, que o professor perceba que a contextualização deve ser realizada não somente para tornar o assunto mais atraente ou mais fácil de ser assimilado. Mais do que isso, é **permitir que o aluno consiga compreender a importância daquele conhecimento para a sua vida, e seja capaz de analisar sua realidade**, imediata ou mais distante, o que pode tornar-se uma fonte inesgotável de aprendizado. Além de valorizar a realidade desse aluno, a contextualização permite que o aluno venha a desenvolver uma nova perspectiva: a de observar sua realidade, compreendê-la e, o que é muito importante, enxergar possibilidades de mudança.
>
> (Brasil, 2006, p. 35, grifos nossos)

Ao elaborarmos esta coleção, tivemos, entre outras preocupações, a de propor atividades que instigam os alunos a falar de suas experiências e conhecimentos prévios, a participar de debates e a fazer relatos de observação do seu cotidiano ou do ambiente do seu entorno. Em algumas atividades são sugeridas também intervenções na comunidade. Esses tipos de atividades oferecem oportunidade para contextualização nas aulas de Biologia.

A interdisciplinaridade é outra característica do ensino que busca auxiliar o aluno a entender a realidade, em sua complexidade. Usamos como base para compreender o conceito de interdisciplinaridade os documentos oficiais, como o PCNEM:

> O conceito de interdisciplinaridade fica mais claro quando se considera o fato trivial de que **todo conhecimento mantém um diálogo permanente com outros conhecimentos**, que pode ser de questionamento, de confirmação, de complementação, de negação, de ampliação, de eliminação de aspectos não distinguidos. [...]
>
> É importante enfatizar que **a interdisciplinaridade supõe um eixo integrador**, que pode ser o objeto de conhecimento, um projeto de investigação, um plano de intervenção. Nesse sentido, ela deve partir da necessidade sentida pelas escolas, professores e alunos de explicar, compreender, intervir, mudar, prever, algo que desafia uma disciplina isolada e atrai a atenção de mais de um olhar, talvez vários. Explicação, compreensão, intervenção são processos que requerem um conhecimento que vai além da descrição da realidade e mobiliza competências cognitivas para deduzir, tirar inferências ou fazer previsões a partir do fato observado.
>
> (Brasil, 2002-a, p. 88 e 89, grifos nossos)

Machado (2006) alerta-nos que buscar interdisciplinaridade na escola não significa acabar com as disciplinas escolares, nem criar novas "matérias" interdisciplinares. Ser interdisciplinar significa aproximar as disciplinas escolares, explicando os fenômenos de forma mais abrangente, o que representa um desafio à escola.

O ensino com orientação interdisciplinar pode motivar os alunos ao longo de sua aprendizagem. Segundo os PCNEM:

> A integração dos diferentes conhecimentos pode criar as condições necessárias para uma aprendizagem motivadora, na medida em que ofereça maior liberdade aos professores e alunos para a seleção de conteúdos mais diretamente relacionados aos assuntos ou problemas que dizem respeito à vida da comunidade. Todo conhecimento é socialmente comprometido e não há conhecimento que possa ser aprendido ou recriado se não se parte das preocupações que as pessoas têm. O distanciamento entre os conteúdos programáticos e a experiência dos alunos certamente respondem pelo desinteresse e até mesmo pela deserção que constatamos em nossas escolas.
>
> (Brasil, 2002-a, p. 34)

O enfoque interdisciplinar no ensino deve ser planejado entre professores das diversas disciplinas e pode ser semiestruturado, o que possibilita que as etapas de ensino sejam reformuladas à medida que os alunos e os professores sentirem determinadas necessidades.

Disciplinas escolares que fazem parte da mesma área de conhecimento (como Biologia, Física e Química) aparentemente favorecem mais as práticas interdisciplinares do que disciplinas de áreas diferentes. No entanto, o ensino interdisciplinar é capaz de promover diálogos entre todas as disciplinas do currículo escolar. No documento complementar aos PCNEM, conhecido como PCN+ : Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, reforça-se a necessidade de articulação entre Física, Química e Biologia:

> Essa articulação interdisciplinar intra-área não deveria ser vista simplesmente como um produto novo, a ser apresentado à escola, pois, sob certos aspectos, é uma dívida antiga que se tem com o aluno. Uma parcela dessa dívida poderia ser paga com **a apresentação de uma linguagem e da nomenclatura realmente comuns entre várias das disciplinas**. Por exemplo, quando na Biologia se fala em energia da célula, na Química se fala em energia da reação e na Física em energia da partícula, não basta que tenham a mesma grafia ou as mesmas unidades de medida. São tratados em contextos tão distintos os três temas, que o aluno não pode ser deixado solitário no esforço de ligar as "coisas diferentes" designadas pela mesma palavra. [...]
>
> Também alguns conceitos gerais nas ciências, como os de unidades e de escalas, ou de transformação e de conservação, presentes de diferentes formas na Matemática, na Biologia, na Física e na Química, seriam muito mais facilmente compreendidos e generalizados, se fossem objeto de um tratamento de caráter unificado feito de comum acordo pelos professores da área. Com certeza, são diferentes as conotações destes conceitos nas distintas disciplinas, mas uma interpretação unificada em uma tradução interdisciplinar enriqueceria a compreensão de cada uma delas.
>
> (Brasil, 2002-b, p. 19-20, grifos nossos)

No caso da Biologia, consideramos que os fenômenos biológicos possuem caráter social e histórico, estão engendrados nas culturas e são muitas vezes analisados sob a influência da visão de mundo das pessoas que os observam. Esses aspectos intrínsecos às Ciências da Natureza permitem relacionar conteúdos específicos com áreas como História, Geografia, Arte, Sociologia e Filosofia.

Os livros desta coleção podem colaborar com o enfoque interdisciplinar, pois procuramos estabelecer relações dos conteúdos de Biologia com outras disciplinas, tanto nos textos, quanto em atividades propostas, quadros com informações, sugestões de leituras complementares e indicações de *sites* e filmes. Na parte específica deste Manual também há sugestões para viabilizar esse tipo de trabalho, fundamental para ampliar e significar as situações de aprendizagem. As sugestões e os contextos relacionados à interdisciplinaridade podem inspirar o trabalho em conjunto com os outros professores, além de estimular, nos alunos, a curiosidade pela forma mais abrangente de se compreender um tema científico.

Veja o seguinte exemplo: ao estudar a reprodução sexuada, apresentamos um texto a respeito das concepções científicas vigentes nos séculos XVI e XVII, segundo as quais o papel da mulher na reprodução humana era apenas o de abrigar a "semente" de um novo indivíduo, contida no espermatozoide. A partir dessa leitura, convidamos os alunos a pesquisar sobre o contexto histórico em que tal concepção surgiu e quais as possíveis relações entre essa ultrapassada visão científica e o papel das mulheres na sociedade da época.

Por outro lado, o domínio da Língua Portuguesa e da Matemática é fundamental para a compreensão de conceitos científicos e suas aplicações. Assim, temas de Biologia podem ser utilizados no desenvolvimento de leitura e interpretação de textos; a interpretação e a elaboração de gráficos para expressar dados é uma atividade auxiliar no estudo da Matemática.

Outro aspecto presente na coleção é o uso da etimologia como auxiliar no estudo da Biologia, conhecida pela profusão de nomes técnicos de estruturas e de processos. Compreender a origem e o significado de termos favorece o entendimento dos conceitos, e não apenas memorização.

Ensinar com base em competências e habilidades

O ensino fundamentado em competências e habilidades exige exercício cognitivo rico em possibilidades, o qual contribui com o processo de interpretação da realidade pelos alunos.

> Competências são as modalidades estruturais da inteligência, ou melhor, ações e operações que utilizamos para estabelecer relações com e entre objetos, situações, fenômenos e pessoas que desejamos conhecer. As habilidades decorrem das competências adquiridas e referem-se ao plano imediato do "saber fazer". Por meio das ações e operações, as habilidades aperfeiçoam-se e articulam-se, possibilitando nova reorganização das competências.
>
> (Inep, 1999, p.7)

O desenvolvimento de uma habilidade pode não levar espontaneamente ao desenvolvimento de uma competência. Nesse sentido, é importante o envolvimento do indivíduo em situações de aprendizagem, em que a própria natureza dessas situações favorecerá essa mudança.

Krasilchik (2004) chama a atenção para a dificuldade em distinguir competência de habilidade. Dada essa questão, optamos por não investir em uma discussão teórica acerca do tema. Apresentaremos a seguir como são entendidas competências e habilidades nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e no Exame Nacional do Ensino Médio (Enem).

Existem pequenas variações entre as concepções de competências e habilidades presentes nos PCNs e no Enem. Sugerimos uma análise criteriosa por parte do(a) professor(a) para diferenciá-las e conhecer os diferentes aspectos que envolvem cada um desses documentos.

PCN: Competências e habilidades a serem desenvolvidas em Biologia

Com o objetivo de orientar a atuação dos educadores, os PCN (Brasil, 2002-a) estabelecem competências e habilidades a serem desenvolvidas em Biologia.

As competências específicas, transcritas a seguir, foram agrupadas em três campos de competências de caráter geral: competências de ***representação e comunicação***, de ***investigação e compreensão*** e de ***contextualização sociocultural***.

> - As competências de ***representação e comunicação*** apontam as linguagens como instrumentos de produção de sentido e, ainda, de acesso ao próprio conhecimento, sua organização e sistematização.
> - As competências de ***investigação e compreensão*** apontam os conhecimentos científicos, seus diferentes procedimentos, métodos e conceitos, como instrumentos de intervenção no real e de solução de problemas.
> - As competências de ***contextualização sociocultural*** apontam a relação da sociedade e da cultura, em sua diversidade, na constituição do significado para os diferentes saberes.
>
> (Brasil, 2002-a, p. 296)
>
> **Competências de representação e comunicação**
>
> - Descrever processos e características do ambiente ou de seres vivos, observados em microscópio ou a olho nu.
> - Perceber e utilizar os códigos intrínsecos da Biologia.
> - Apresentar suposições e hipóteses acerca dos fenômenos biológicos em estudo.
> - Apresentar, de forma organizada, o conhecimento biológico aprendido, através de textos, desenhos, esquemas, gráficos, tabelas, maquetes etc.
> - Conhecer diferentes formas de obter informações (observação, experimento, leitura de texto e imagem, entrevista), selecionando aquelas pertinentes ao tema biológico em estudo.
> - Expressar dúvidas, ideias e conclusões acerca dos fenômenos biológicos.
>
> **Competências de investigação e compreensão**
>
> - Relacionar fenômenos, fatos, processos e ideias em Biologia, elaborando conceitos, identificando regularidades e diferenças, construindo generalizações.
> - Utilizar critérios científicos para realizar classificações de animais, vegetais etc.
> - Relacionar os diversos conteúdos conceituais de Biologia (lógica interna) na compreensão de fenômenos.
> - Estabelecer relações entre parte e todo de um fenômeno ou processo biológico.
> - Selecionar e utilizar metodologias científicas adequadas para a resolução de problemas, fazendo uso, quando for o caso, de tratamento estatístico na análise de dados coletados.

- Formular questões, diagnósticos e propor soluções para problemas apresentados, utilizando elementos da Biologia.
- Utilizar noções e conceitos da Biologia em novas situações de aprendizado (existencial ou escolar).
- Relacionar o conhecimento das diversas disciplinas para o entendimento de fatos ou processos biológicos (lógica externa).

Competências de contextualização sociocultural

- Reconhecer a Biologia como um fazer humano e, portanto, histórico, fruto da conjunção de fatores sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos e tecnológicos.
- Identificar a interferência de aspectos místicos e culturais nos conhecimentos do senso comum relacionados a aspectos biológicos.
- Reconhecer o ser humano como agente e paciente de transformações intencionais por ele produzidas no seu ambiente.
- Julgar ações de intervenção, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva e do ambiente.
- Identificar as relações entre o conhecimento científico e o desenvolvimento tecnológico, considerando a preservação da vida, as condições de vida e as concepções de desenvolvimento sustentável.

(Brasil, 2002-a, p. 225 e 227)

Competências e habilidades avaliadas pelo Enem

Selecionamos a seguir trechos da matriz de referência para o Enem, contendo os eixos cognitivos, comuns a todas as áreas do conhecimento, assim como as competências e as habilidades específicas da área de conhecimento de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Eixos cognitivos

I. **Dominar linguagens (DL)**: dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica e das línguas espanhola e inglesa.

II. **Compreender fenômenos (CF)**: construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.

III. **Enfrentar situações-problema (SP)**: selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema.

IV. **Construir argumentação (CA)**: relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.

V. **Elaborar propostas (EP)**: recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural.

[...]

Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

Competência de área 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

Competência de área 3 – Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Competência de área 4 – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

[...]

Competência de área 8 – Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

A alfabetização científica

As competências a serem desenvolvidas no ensino de Ciências da Natureza relacionam-se com o conceito de alfabetização científica, que inclui a compreensão das características de uma investigação científica, da natureza da Ciência e das conexões entre o conhecimento científico, a tecnologia e a sociedade.

As atividades práticas e os estudos do meio constituem elementos óbvios da alfabetização científica, mas grande parte desse processo pode ocorrer pela leitura de textos como os artigos científicos. Esse tipo de texto caracteriza-se pela argumentação, por meio da qual os autores estabelecem relações entre as evidências e as conclusões. Segundo uma pesquisa em argumentação na Ciência, os pesquisadores estão, na maior parte do tempo, envolvidos não em atividades experimentais, mas em atividades de leitura, escrita ou fala, sendo esses momentos parte do processo investigativo (Phillips; Norris, 2009 *apud* Scarpa; Trivelato, 2012).

De acordo com tal perspectiva, a leitura do livro didático e de artigos de divulgação científica, apropriada para o Ensino Médio, constitui um momento fundamental para a alfabetização científica, podendo desenvolver as habilidades de interpretação de texto, a criatividade, o pensamento abstrato e crítico. A leitura pode ser “considerada como um processo de investigação, por meio da qual os significados

seriam construídos a partir da interpretação e da utilização ativa dos conhecimentos prévios." (Scarpa; Trivelato, 2012).

Na elaboração dos textos dos livros desta coleção, tivemos o cuidado de apresentar as informações em um nível crescente de complexidade. Em diversos trechos, o aluno pode acompanhar o relato de experimentos e suas conclusões, assim como a descrição de raciocínios envolvidos na elaboração de certas hipóteses. Os livros apresentam, também, leituras para aprofundamento de um tema, geralmente com enfoque argumentativo, o que contribui para a alfabetização científica dos alunos.

Recursos didáticos e situações de ensino

Como cada aluno(a) apresenta necessidades educacionais específicas, em cada turma há uma diversidade humana a ser considerada pelo educador. Por isso, é preciso diversificar recursos didáticos e situações de ensino para possibilitar o atendimento às diferentes necessidades educacionais dos alunos.

Para confeccionar esta coleção, partimos do princípio de que todos os alunos são sujeitos dotados de um conjunto de saberes e potenciais, antes mesmo que se inicie um curso ou uma sequência didática. Se as atividades de ensino valorizarem os conhecimentos prévios dos alunos, esse e outros conjuntos de saberes e potenciais poderão ser ainda mais desenvolvidos.

A seguir, apresentamos diversos recursos e situações de ensino que você poderá utilizar em suas aulas, para desenvolver o conteúdo específico de Biologia para o Ensino Médio e as competências e habilidades propostas pelos referenciais nacionais.

Discussões coletivas

Uma maneira de incentivar os alunos a valorizarem a fala e a escrita é solicitar-lhes, como preparação às discussões coletivas, que redijam argumentos com base em dados obtidos em fontes de informação como livros, jornais e *sites*. Além disso, durante a discussão os alunos podem elaborar uma ata simplificada, desenvolvendo a habilidade de fazer anotações que sejam usadas posteriormente, no estudo individual.

É importante que ao final de argumentações coletivas você faça apontamentos para concluir a discussão, indicando também possíveis continuidades por novos caminhos. Exponha os motivos que levaram a cada conclusão.

Como exemplos de discussões coletivas estão o **debate** e o **júri simulado**. Eles diferenciam-se na medida em que o júri simulado exige dos alunos um apelo dramático: eles devem assumir personagens, agindo de acordo com a maneira como imaginam que eles seriam e pensariam sobre uma dada ação/decisão alvo da discussão coletiva. Para isso, a turma deve ser organizada em grupos, cada um sendo responsável por um tipo de personagem. Logo, cada grupo apresenta uma lógica interna. Por exemplo, no grupo de juízes, os alunos deverão comportar-se de acordo como imaginam que seriam os juízes. No grupo de pessoas favoráveis a uma ação/decisão, os alunos deverão comportar-se como imaginam que essas pessoas o fariam. O mesmo procedimento deve ser adotado quanto ao grupo de pessoas contrárias a essa ação/decisão, ao grupo de testemunhas e, se você julgar necessário, ao grupo de pessoas com direito a voto, se for o caso de júri popular.

A **assembleia** é uma variação do júri simulado. Nesse caso, está em discussão a aceitação ou não de uma medida que afeta o coletivo. Você pode propor que os próprios alunos decidam como será atingida a decisão final: por votação, com vitória da maioria, ou por dissenso seguido de consenso – nesse caso, trata-se de um caminho pouco usual, merecendo ser conhecido pelos jovens e legitimado democraticamente.

Registros por escrito

Os registros escritos são excelentes instrumentos para o desenvolvimento de competências e habilidades. Além de permitir ao professor verificar os diferentes pontos de partida dos alunos, seus conhecimentos prévios e opiniões, esse tipo de ferramenta pedagógica possibilita que os alunos tomem consciência de seu processo de aprendizagem.

Separamos a seguir alguns dos principais tipos de registro por escrito presentes nas atividades desta coleção:

- **resumo** – essa atividade exige que os alunos evidenciem as ideias-chave de um texto ou reportagem de rádio/TV, por exemplo. Neste tipo de atividade não se colocam opiniões sobre o que foi estudado, apenas as principais informações.
- **síntese** – diferencia-se do resumo por exigir que os alunos confrontem ideias entre diferentes fontes de informação, exigindo-lhes a organização de ideias a respeito de um tema, e a elaboração de um texto. Você pode solicitar aos alunos que se posicionem quanto ao tema;
- **relato de atividade** – trata-se de uma descrição a respeito de uma atividade realizada, como uma atividade prática, uma visita a um museu ou, como já comentamos, uma discussão coletiva. Você pode solicitar em maior ou em menor detalhes essa descrição.

Elaboração de poemas, músicas e outras formas de expressão artística

Para a elaboração de poemas ou músicas os alunos devem dominar o conteúdo estudado, ligando-o a outros presentes em seu cotidiano de uma forma lúdica e interessante. Incentive a expressão dos alunos, solicitando-lhes que utilizem outras linguagens para abordar temas estudados nas aulas. Ao final, permita que eles utilizem diversas formas de apresentação, como exposição, roda de apresentações ou de canto, sarau etc. Esse momento deve ser de troca e valorização das diferentes expressões dos alunos, reforçando também os aprendizados conceituais.

Elaboração de esquemas e desenhos

Os alunos podem elaborar esquemas que sintetizem os conteúdos estudados, assim como as etapas de um processo biológico.

Mais elaborado que um esquema é o **mapa conceitual**, que expressa as relações entre conceitos (Ausubel et al., 1980). Ressalte que verbos ou expressões verbais devem ligar os conceitos. Além disso, lance uma questão a ser respondida via mapa conceitual. É importante notar quais os alunos, ao elaborarem um dado mapa, percebem a diferença entre os conceitos: mais abrangentes, "intermediários" ou mais específicos.

Você pode orientar os alunos a fazer desenhos de seres vivos ou de suas partes, vinculando-os a esquemas, assim como pode lhes pedir que se expressem por outras linguagens menos realistas para abordar temas estudados nas aulas. Tal como nos poemas, poderão manifestar sentimentos e emoções, sendo importante perceber a diferença existente entre essas duas formas de registro. No caso dos poemas e músicas algumas imprecisões são possíveis para garantir uma certa liberdade poética, embora não possam haver erros conceituais. Já no caso dos desenhos é imprescindível que seja garantida a correta apresentação dos conteúdos e dos objetos representados.

Desenhos também podem ser apresentados de diferentes formas em uma classe de Ensino Médio. Desde uma exposição mais formal, até a construção de jogos de cartas, fanzines ou outras formas mais atraentes para a faixa etária. Deixar que os alunos escolham a forma de apresentação que mais interessa ao grupo pode ser uma forma de aumentar ainda mais o interesse dos mesmos pela atividade.

Registros de imagens

Fotografias e vídeos são formas interessantes de expor um conteúdo, a opinião de um grupo, o resultado de uma investigação.

Esse tipo de registro requer uma discussão prévia essencial abordando a ética. Muitas imagens têm sido veiculadas no mundo todo sem o devido cuidado quanto à dignidade humana.

Por essa razão, oriente os alunos a sempre solicitarem por escrito a permissão das pessoas que aparecem nas imagens, fazendo uso do chamado termo de consentimento. Trata-se de uma declaração em que as pessoas fotografadas ou filmadas afirmam que concordam com o uso que será feito de suas imagens, sendo garantida a preservação de sua dignidade. Oriente os alunos a apresentar as fotos e os vídeos às pessoas cujas imagens foram registradas, a fim de que estas possam avaliar se sua veiculação será permitida. Além disso, é essencial que se dê, a quem registrou as imagens, o devido crédito.

- **Foto** – oriente os alunos a elaborarem legendas que sejam apropriadas ao que aparece nas imagens, lembrando-os que devem transmitir informações pertinentes e não serem demasiadamente longas. No caso de seres vivos e partes de seus corpos, escalas são informações importantes a quem visualiza as imagens.
- **Vídeo** – você pode desenvolver com os alunos os chamados "filmes de curta duração", conhecidos como "curtas". Diversos temas podem ser abordados, representando um importante meio de expressão dos alunos. Os "curtas" podem ser apresentados durante um festival temático na escola ou podem ser atrelados a outras atividades, como a criação de reportagens em *blogs*.

Reportagens

A confecção de reportagens é um recurso didático bem interessante para alunos do Ensino Médio. Esse tipo de atividade, geralmente utilizado no Ensino Fundamental, pode ter objetivos mais complexos para os jovens. Eles são capazes de analisar a fidelidade das informações, a tentativa de neutralidade de quem escreve a reportagem e as diferentes formas com que o conteúdo pode ser apresentado. Assim, trata-se de uma atividade que estimula o protagonismo juvenil, pois os alunos podem denunciar, questionar e propor reflexões sobre diversos temas presentes em nossa sociedade, expressando-se também com diversas linguagens. Oriente os alunos a utilizar linguagem adequada ao público ao qual se destina a reportagem. As reportagens podem fazer parte de um projeto escolar, como um jornal ou um *blog*, e não precisam ser necessariamente divulgadas na forma de textos – podem ser reportagens de rádio ou de televisão.

Elaboração de cartazes

Você pode propor aos alunos que confeccionem cartazes, ressaltando o potencial informativo por imagens. Por isso, oriente-os a elaborar cartazes em que as imagens transmitam ideias essenciais. Lembre-os de que os textos, além de serem relativamente sucintos, devem dialogar com as imagens.

Estimular os alunos a confeccionar cartazes interessantes e que mobilizem mais leitores pode ser outra interessante tarefa a ser pedida pelo professor de Biologia. Os cartazes podem ser expostos na própria instituição escolar ou na comunidade onde ela se localiza, tornando mais significativa a ação pedagógica da atividade proposta.

Estudos do meio

Os estudos do meio favorecem a interdisciplinaridade e a contextualização, desafiando as diversas disciplinas escolares a aproximarem-se em busca de análises sobre a realidade, que pode ser mais próxima ou mais distante dos alunos.

Constituem boas oportunidades dessa forma de abordagem visitas a parques, museus de Ciências e Tecnologia, exposições temáticas. Esse tipo de atividade deve ser previamente planejado com a direção da escola, cuidando das questões referentes à segurança dos alunos no deslocamento até o local escolhido e durante a atividade.

Estudos do meio são momentos em que os alunos, instigados por uma questão problematizadora, vão a campo observar, coletar dados, registrar a realidade, confrontar hipóteses etc. Antes de sair a campo é importante que esteja claro aos educandos qual os objetivos do estudo e imprescindível que as tarefas estejam divididas e que se tenham os materiais necessários e ds.

Se possível, convide outros professores para trabalhos conjuntos, enriquecendo assim a atividade e possibilitando aos alunos entender a realidade presente no meio de forma mais ampla.

As atividades fora da sala de aula devem ser planejadas em conjunto com a coordenação e a direção da escola, para organização das etapas necessárias (transporte, autorização dos responsáveis, materiais necessários etc.).

Estudos do meio bem articulados e definidos em parceria com os alunos podem desenvolver habilidades de comunicação científica e ajudar os educandos a estabelecer importantes relações entre os fenômenos observados no local de estudo e os conhecimentos presentes no livro didático. Isso aumenta a atitude investigativa dos alunos e promove uma compreensão articulada dos fenômenos naturais e dos processos tecnológicos presentes em nossa sociedade.

Entrevista

Dependendo dos objetivos da atividade, a entrevista pode buscar a opinião de especialistas em determinado assunto, de pessoas da comunidade escolar ou do entorno da escola. Oriente os alunos a prepararem-se para a entrevista, traçando os objetivos dessa atividade, valorizando o momento em que estarão em contato direto com o entrevistado e redigindo um roteiro de perguntas. Os alunos podem fazer entrevistas mais abertas, no sentido de apresentarem questões-chave, mas estando atentos para abordar temas que pareçam relevantes ao(à) entrevistado(a). É essencial que o(a) entrevistado(a) receba a transcrição da entrevista e dê um retorno sobre a versão transcrita e sobre o que os alunos pretendem divulgar ao público. Ressalte que o(a) entrevistado(a) tem o pleno direito de solicitar a modificação de informações que lhe pareçam indevidas. Discussões sobre posturas éticas do entrevistador, respeito ao entrevistado e formas de registro das entrevistas são fundamentais antes de os alunos saírem a campo.

Apresentações de trabalhos para a classe

Os alunos podem apresentar seus trabalhos de diversas maneiras, na forma de seminários, por exemplo, e usando recursos variados para incrementar a apresentação, como dramatização, dinâmicas que envolvam a plateia etc. Independente da forma de apresentação, compartilhe com os alunos previamente os objetivos da atividade e que aspectos serão avaliados.

Um ponto importante a ser trabalhado ao longo das apresentações de classe é o espaço para se ouvir o outro e também respeitar a opinião de todos. Se possível peça que os alunos registrem o que viram ou ouviram durante as apresentações para que se crie o hábito de que os alunos estejam realmente atentos durante esse tipo de atividade. Refletir sobre o que se ouve são habilidades que precisam ser desenvolvidas na escola, pois estão pouco presentes fora da sala de aula. Garanta que esse registro seja instigante para os alunos e, se possível, que ele possa ser utilizado em alguma outra atividade escolar.

Jogos

Seus objetivos devem ser explicitados, e as regras previamente combinadas com a turma, a fim de que os jogos sejam explorados como potentes recursos

didáticos. Sempre que possível, deve-se levar os alunos à construção de regras ou instruções adicionais para os jogos.

Planeje tempo suficiente para que os jogos aconteçam sem interrupção antes de seu término, o que desmotivaria os alunos e reduziria o potencial pedagógico da atividade. O término do jogo é um momento pedagogicamente importante, em que é possível organizar uma discussão a respeito da atividade. Nessa discussão, podem ser destacados os conceitos envolvidos no jogo, as dúvidas que surgiram e como os alunos autoavaliam sua participação. Assim, a discussão pode ter dois objetivos principais:

a) relacionar o jogo com os conceitos estudados, aproveitando para avaliar os efeitos da atividade no aprendizado – é recomendável que os alunos registrem as relações feitas;

b) permitir que os alunos avaliem o jogo, o que aprenderam, que estratégias utilizaram, o que fariam diferente se jogassem novamente, o que sentiram a respeito da interação com os colegas.

Mediar situações de conflito entre os alunos em relação às regras é tarefa fundamental do(a) professor(a). Neste tipo de atividade seu papel é coadjuvante. O próprio jogo e seu desenvolvimento pelos alunos influenciará na aprendizagem dos conteúdos envolvidos.

Realização de pesquisas

As pesquisas podem ser realizadas em grupos ou individualmente, no ambiente escolar ou fora dele. Oriente o trabalho de pesquisa, conversando inicialmente com os alunos sobre:

- a importância de sempre consultar diversas fontes de pesquisa, reconhecendo quais seriam as principais;
- a relevância em citar as devidas referências;
- a importância de selecionar o local onde é possível obter informações (museus e bibliotecas), incluindo pessoas que possam ser entrevistadas;
- a necessidade de clareza sobre o objetivo da pesquisa; aponte aos alunos que aspectos serão avaliados (se deve ser uma revisão bibliográfica, um relatório contendo resultado de uma observação ou atividade prática, ou uma análise crítica de temas tratados na mídia, entre outras possibilidades);
- os tópicos a serem pesquisados.

Pesquisas na internet

Atualmente é muito comum que as pesquisas escolares sejam feitas pela internet, quando os alunos têm acesso a essa ferramenta (Almeida, 2008). Embora seja aparentemente de fácil uso, a rede mundial de computadores traz muitos benefícios e alguns riscos importantes de serem conhecidos e considerados. Podemos incluir entre as vantagens: a diversidade de informações sobre qualquer tema pesquisado, o acesso a bibliotecas e museus de várias partes do mundo, a possibilidade de se pesquisar conteúdo não somente em formato de texto, mas também de imagens e vídeos etc. Entre os riscos das pesquisas na internet estão a qualidade das informações publicadas – nem sempre verídicas ou imparciais, podendo ter caráter opinativo), a facilidade de dispersão pelas possibilidades de *links* geralmente oferecidos por um *site*, o contato com conteúdos nem sempre adequados para a faixa etária do aluno e a exposição a propagandas.

A internet pode ser uma excelente ferramenta de pesquisa escolar, mas os alunos devem aprender a utilizar esse recurso com qualidade e segurança. Pesquisas recentes mostram que, quando não são orientados, os educandos criam critérios próprios para fazer suas investigações, o que nem sempre acarreta em resultados adequados ou livres de riscos (Almeida, 2008; Unicef, 2013). Cabe ao professor assumir o papel de mediador e articulador no processo de construção de conhecimento dos alunos, trazendo orientações e recomendações que transformem as pesquisas escolares na internet em uma forma de desenvolver autonomia com segurança (Oliveira, 2008).

Usamos o termo “navegar” para o processo de busca de informações na internet. Se imaginarmos todo o conhecimento disponível como um imenso oceano de informações, é possível perceber o quão grande é a aventura de encontrar algo em meio ao enorme volume de textos, imagens, vídeos, simulações etc. Com esta analogia, percebemos que é muito mais fácil navegar quando temos um bom mapa, bons instrumentos e orientações eficientes – e esse é o papel do educador quando o assunto é internet.

Seguem algumas dicas mais práticas para auxiliar a traçar esse “mapa de navegação”:

– Torne-se um professor pesquisador (se você já não for um). Conhecer os riscos e benefícios da rede

de computadores é fundamental para melhor orientar os alunos. Um bom material para iniciar esse estudo é a cartilha "Navegar com segurança: por uma infância conectada e livre da violência sexual", da ONG Childhood Brasil (2012).

– Proponha um tema e faça com que eles identifiquem o que sabem e o que não sabem sobre o assunto. Pesquisas a partir de suas dúvidas são mais significativas e diminuem a dispersão.

– Ajude-os a escolher palavras-chave específicas para a pesquisa. Uma dica é usar duas ou mais palavras, pois quanto maior o número de palavras, mais refinada será a busca.

– Indique um *site* de busca eficiente e confiável. Informe-se sobre qual é a ferramenta de segurança contra conteúdos impróprios que o *site* possui e oriente os alunos a instalá-la. Garanta que essa proteção esteja instalada nos computadores da escola.

– Encontre e sugira algumas fontes de informação importantes que devam ser pesquisadas (há diversas sugestões no livro).

– Priorize *sites* de organizações governamentais, instituições de pesquisa ou de grandes instituições que possuem maior rigor em suas publicações.

– Proponha aos alunos que leiam e anotem os dados relevantes encontrados e sempre comparem as informações, checando a veracidade do que foi obtido em cada fonte consultada.

– Oriente-os a não clicar em anúncios ou janelas com ofertas ou propagandas.

– Avalie a pesquisa feita como um processo no qual os alunos estão aprendendo a questionar de forma construtiva e a buscar respostas aos seus questionamentos.

– Proponha que ao final de uma pesquisa os alunos redijam resumos, esquemas ou outros produtos que possam ser compartilhados, mostrando que pesquisar é uma forma de organizar informações com uma determinada finalidade.

Uma pesquisa bem orientada pode desenvolver muito as capacidades de interpretação, julgamento e decisão dos alunos, contribuindo para o processo de construção da cidadania plena dos jovens. Além disso, ao aprenderem a pesquisar sobre suas dúvidas e a buscar respostas para suas inquietações em *sites* confiáveis e seguros, os alunos vão se transformando em autores sociais menos suscetíveis a discursos publicitários e certamente serão protagonistas de cenas sociais mais significativas para a sua vida e a de sua comunidade.

Atividades práticas

As atividades práticas são fundamentais para o ensino de Biologia, pois ajudam os alunos a vivenciar de forma direta alguns dos fenômenos estudados. Não devem ser encaradas como passatempos, nos quais os conceitos que se deseja trabalhar não ficam evidentes para os educandos.

Os alunos podem ser envolvidos nas atividades práticas, desde o momento de preparação.

Ressalte a importância de posturas cuidadosas durante as atividades práticas; com isso, evitam-se acidentes, diminuem-se as despesas com materiais e pode-se ter maior clareza sobre o que foi desenvolvido e observado.

Algumas atividades práticas, dependendo do que será realizado, podem ocorrer fora do laboratório, desde que não ofereçam riscos aos alunos e a você. É o caso de montagem de modelos ou atividades em que não se usam reagentes, entre outras.

No caso de atividades em laboratório, se alguns alunos tiverem receio em manusear aparelhos, substâncias ou vidraria em geral, trabalhe essa questão, preparando-os para que o conhecimento sobre a própria estrutura do laboratório e sobre os materiais supere a insegurança. Da mesma maneira, ressalte que, com responsabilidade, planejamento, cooperação e atenção, os acidentes são evitados.

A seguir, apresentamos orientações ao trabalho em laboratório.

A organização ideal do laboratório

Discuta com os alunos sobre a estrutura e organização do espaço. Nesse sentido, eles devem saber por que cada material deve ser acomodado em um determinado local. Da mesma maneira, é essencial que saibam a importância de cada região do laboratório. Observe na figura da página seguinte um exemplo de laboratório que oferece segurança.

Com base na figura, você pode verificar se as seguintes condições são adequadas e satisfatórias:

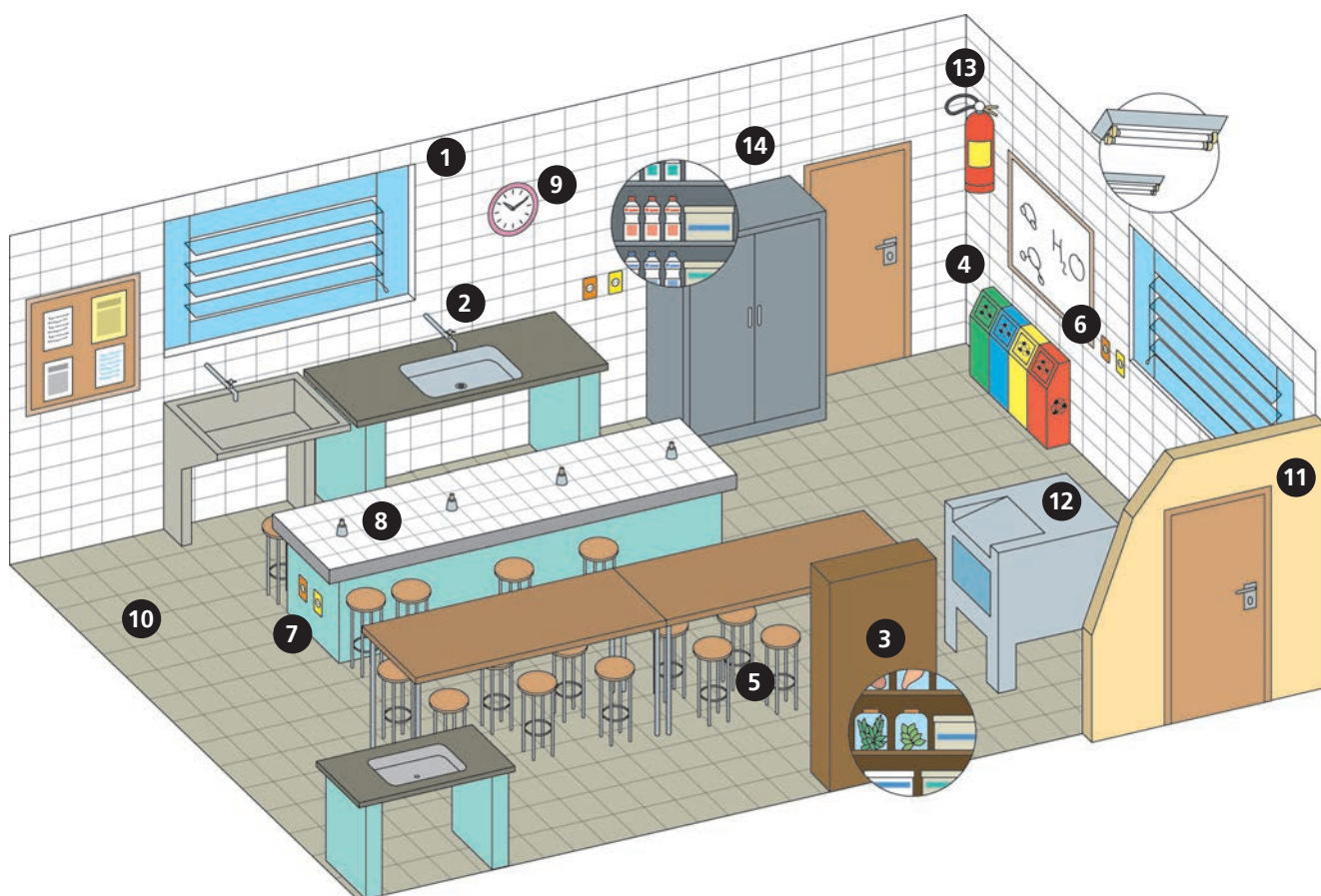
1. As janelas favorecem a ventilação e a claridade apropriadas.
2. As pias e os chuveiros podem ser facilmente utilizados em situações em que isso seja necessário.
3. Os materiais e reagentes têm rótulos para serem facilmente identificados e encontram-se em uma altura apropriada, ao alcance das mãos e "dos olhos".

4. Há lixeiras para os diversos tipos de resíduos, à frente e ao fundo do laboratório, o que facilita a circulação das pessoas; há recipientes com os devidos rótulos para descarte de reagentes.
5. As bancadas estão livres de objetos e situam-se a distâncias adequadas entre si, de modo que a circulação pelo laboratório não está prejudicada; os bancos são confortáveis e contam com antiderrapantes em seus pés.
6. Há quadro de giz ou similar, visível a todos.
7. As tomadas indicam a tensão (110V/ 220V).
8. A fonte de gás está evidente na bancada; para cada bancada, há torneiras de segurança, da parede até o fogareiro: uma para o laboratório todo e duas em cada bancada.
9. Há relógio para controle do tempo.
10. O piso é antiderrapante e não apresenta desnível.
11. Há duas portas que facilitam a entrada e a saída de pessoas.
12. Há capela para manipulação de substâncias que possam ser irritantes durante sua manipulação.
13. Há um quadro de emergência, situado perto da caixa de primeiros socorros, onde se encontram mantas e sacos de areia para combater fogo; há extintores de incêndio, em locais livres e visíveis.
14. Antes do início da aula, deve-se sempre verificar se as bocas de gás estão devidamente fechadas e inspecionar se há substâncias derramadas no chão e nas bancadas; nesse caso, deve ser feita a limpeza.

Preparação para a aula em laboratório

Discuta com os alunos:

- os objetivos da atividade que será realizada e os métodos a serem adotados; estimule os alunos a explicar os procedimentos uns aos outros, possíveis alternativas metodológicas e até mesmo o que deve ser feito em situações de acidentes. Para isso, sem alarmá-los, sugira uma situação hipotética de acidente e lhes peça que expliquem o deve ser feito;
- a descrição dos materiais a serem utilizados;
- o descarte adequado de cada substância utilizada.

Eduardo Borges/Arquivo da editora

Postura em laboratório

Oriente os alunos a:

Ilustrações: Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

Vestir-se adequadamente no dia da aula em laboratório, calçando sapatos e roupas os mais fechados possíveis.

Sempre comunicar imediatamente a você todo acidente que aconteça no laboratório.

Nunca ingerir alimentos ou água em laboratório.

Antes de entrar no laboratório, trocar as lentes de contato por óculos, prender os cabelos, se estes forem médios ou longos, e vestir avental de lgodão, devidamente abotoado.

Somente utilizar substâncias com rótulos; caso encontrem uma substância sem identificação, devem comunicar o fato a você.

Nunca manipular substâncias inflamáveis próximos a quaisquer fontes de calor.

Não deixar livros sobre a bancada de trabalho.

Lavar as mãos após as atividades.

Evitar o contato de substâncias com a pele, boca ou olhos.

Pipetar substâncias somente com equipamentos, como pera de pipetação, nunca com a boca.

Sempre trabalhar acompanhados em laboratório e tirar as dúvidas com o professor.

Finalização da aula em laboratório

Antes da finalização da atividade em laboratório, reserve alguns minutos para você e os alunos:

Verificarem se as bocas de gás estão devidamente fechadas.

- Inspecionarem se há substâncias derramadas no chão e nas bancadas; nesse caso, deve ser feita a limpeza.
- Verificarem se há materiais em locais inapropriados.
- Lavarem as mãos.

Professor(a), um material de referência a respeito da importância da experimentação no ensino e na organização de laboratórios escolares é o documento *Laboratórios*, do Curso Técnico de Formação para os Funcionários da Educação. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000013620.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2013.

Avaliar em processo e com diversidade de instrumentos e situações de aprendizagem

A avaliação deve ser entendida como uma alavanca que impulsiona o êxito de cada aluno(a) e da escola como um todo. Para tanto, deve ser contínua e evolutiva, o que dará a você subsídios para a percepção de avanços e de dificuldades, tanto seus quanto os de seus alunos. Assim, a avaliação constitui um instrumento fundamental na ação pedagógica e serve de ponto de partida para novas aprendizagens.

Machado (2006) ressalta a importância do processo avaliativo:

> Para avaliar, então, é preciso ir além da medida, recorrendo a indicadores mais complexos, a indícios de competência. E dado que as competências são múltiplas e variadas, é praticamente impossível apreendê-las recorrendo a um só tipo de instrumento. **Os instrumentos de avaliação funcionam como canais de apreensão/manifestação de competências. Eles também precisam ser múltiplos**, **variados, compondo um amplo espectro de formas**. Um grande desafio para a construção de um sistema de avaliação pertinente é o discernimento na escolha das componentes de tal espectro de instrumentos.
>
> Sem dúvida, provas são importantes instrumentos de avaliação. Em sua forma mais comum, que é a escrita, representam momentos em que se exige a demonstração da capacidade de explicitação do que se aprendeu, em espaço e tempo determinado. Em sua forma oral, menos frequente nos dias atuais, são abertos outros canais de expressão e de apreensão de indícios reveladores do real conhecimento dos alunos. Quando são eliminadas as avaliações orais, em razão, muitas vezes, não de seu caráter indesejável, mas sim da impossibilidade de realizá-las, decorrente do grande número de alunos, outros instrumentos precisam ser criados visando ao mesmo fim. Nas provas orais, parcelas importantes de conhecimentos tácitos, ainda que não sejam diretamente expressos, sustentam aquilo que se consegue explicitar. **Um olhar**, **um gesto**, **uma interjeição podem significar muito.** Às vezes, podem revelar mais do que as próprias palavras.
>
> Ainda no que se refere às provas, as modalidades com consulta e sem consulta são, ambas, importantes. Podem apreender diferentes formas de manifestação de competências. Há coisas na vida que temos que fazer sozinhos, isoladamente, sem recorrer a bancos de dados ou a outras pessoas. Mas há muitas outras tarefas que importa que desempenhemos bem, mas não importa se consultamos enciclopédias, manuais, internet, ou amigos mais sabidos. As duas formas de manifestação de competência – com e sem consulta – são valiosas e devem compor o espectro de instrumentos de avaliação.
>
> (Machado, 2006, p.106-109, grifos nossos)

A avaliação realizada ao longo de uma sequência didática, e não somente em seu final, permite aos alunos reverem ações e planejarem outras, a fim de desenvolverem novas aprendizagens. Nesse sentido, os apontamentos do(a) professor(a) são essenciais aos alunos com dificuldades em identificar o que ainda não sabem e/ou àqueles que não sabem como superar essas dificuldades. O(a) professor(a) também pode orientar os alunos que desejam aprimorar o que já aprenderam.

Por outro lado, na avaliação processual surgem possibilidades para o(a) professor(a) refletir a respeito de sua própria atuação, podendo, assim, encontrar alternativas didáticas a suas práticas de ensino.

Esta coleção se baseia nesses pressupostos. Ao longo dos diversos capítulos são propostas atividades que permitem tanto ao professor quanto aos seus alunos realizar uma avaliação, acompanhando o processo de aprendizagem e tornando-os sujeitos ativos desse processo.

Compartilhe com os alunos o que será avaliado com cada instrumento e situação de ensino antes de sua execução, por exemplo: uso da linguagem, capacidade de argumentação, aspectos conceituais e adequação da apresentação de um trabalho.

Toda avaliação deve ser realizada e interpretada de acordo com objetivos previamente estabelecidos e discutidos com os alunos.

A diversidade de instrumentos e situações de avaliação possibilita que a singularidade de cada aluno(a) seja valorizada pela escola.

No processo avaliativo, é fundamental a utilização de diferentes linguagens, como a verbal, a oral, a escrita, a gráfica, a numérica, a pictórica, de forma a considerar as diferentes aptidões dos alunos. Por exemplo, muitas vezes o aluno não domina a escrita suficientemente para expor um raciocínio mais complexo sobre como compreende um fato histórico, mas pode fazê-lo perfeitamente bem em uma situação de intercâmbio oral, como em diálogos, entrevistas ou debates (Brasil, 2002-a, p. 98-99).

Segundo Hoffmann (2005), não somente a dimensão individual deve ser considerada pela avaliação, mas também a coletiva:

> É preciso valorizar as diferenças individuais sem jamais perder de vista o contexto interativo. **Escola é sinônimo de interação**.
>
> Toda a relação de saber se dá a partir da interação do sujeito com os objetos de conhecimento, da relação com os outros e da relação consigo próprio. Significa que cada aluno, interativamente, descobre o mundo à sua própria maneira, diferente e única. Mas aprende o mundo de forma mais rica e desafiadora na medida de sua maior socialização e da cooperação

> dos adultos que medeiam o seu saber. [...] É função da avaliação a promoção permanente de espaços interativos sem, entretanto, deixar de privilegiar a evolução individual ou de promover ações mediadoras que tenham sentido coletivo.
>
> Para que o processo avaliativo tenha sentido, as propostas educativas precisam estar articuladas em termos de gradação e complexidade. **O objetivo é fazer desafios superáveis aos alunos, de modo que as respostas de cada um provoquem o professor a fazer outras perguntas sobre elas, em outras dimensões, sobre outros assuntos, sob diferentes formas e provocativas também em termos de estratégias de pensamento**. Nesse sentido, a heterogeneidade, ou seja, os diferentes saberes dos alunos, que cooperam entre si e debatem os assuntos, é fator fortemente favorecedor da melhora das aprendizagens. [...]
>
> Avaliação é, portanto, uma ação ampla que abrange o cotidiano do fazer pedagógico e cuja energia faz pulsar o planejamento, a proposta pedagógica e a relação entre todos os elementos da ação educativa.
>
> (Hoffmann, 2005, p. 16 e 17, grifos nossos)

Ao avaliar utilizando um conjunto de instrumentos e situações de ensino ao longo de uma sequência didática, será possível obter uma diversidade de informações sobre cada aluno.

Torna-se então necessário sintetizar essas informações, tarefa complexa e um tanto subjetiva. Reforçamos a importância de você considerar as necessidades educacionais de cada aluno, reconhecer seus esforços e progressos ao longo do tempo. Valorize não somente aspectos quantitativos, mas também qualitativos das produções e atuações, assim como os conteúdos de aprendizagem conceituais, procedimentais e atitudinais desenvolvidos.

Avaliação é diferente de examinação, esta última servindo apenas para verificar se os aprendizes alcançaram ou não um patamar desejado, muitas vezes gerando uma classificação ou *ranking*. O ato de avaliar consiste, por sua vez, de três passos: constatar a realidade, qualificar essa constatação e tomar decisões a partir dessa verificação.

Assim, avaliar pressupõe orientar o curso do processo de ensino e não apenas examinar os alunos e sua aprendizagem. É de acordo com tais pressupostos que inserimos atividades para avaliação nesta coleção.

Outro aspecto que consideramos fundamental é a avaliação da aprendizagem do ponto de vista do próprio educando. A **autoavaliação** é essencial para que os alunos reflitam a respeito de como têm aproveitado as situações de ensino e explorado seus recursos cognitivos. É importante que a autoavaliação ocorra ao longo do processo educacional, a fim de que você e os alunos possam discutir aspectos relacionados ao ensino e à aprendizagem, enaltecendo a parceria educador-educandos.

Chame a atenção de cada aluno para o que ele percebia de si e do que sabia sobre os conteúdos no início da sequência didática e o que passou a compreender sobre si e sobre os conteúdos após o ensino desenvolvido. A maioria das estratégias listadas anteriormente nesse Manual serve como bons propiciadores de autoavaliações.

Estrutura da coleção

Elaborada em linguagem clara e adequada ao nível médio de ensino, esta coleção apresenta temas e atividades diversas, que possibilitam o desenvolvimento de aprendizagens.

Os textos da coleção priorizam o diálogo com os alunos e foram desenvolvidos de forma a proporcionar uma leitura fluida e clara. Essa característica é essencial para que a compreensão dos conhecimentos científicos relacionados à Biologia se desenvolvam pela investigação, pelo questionamento e pela divulgação dos resultados.

Na escola básica, os alunos devem compreender que as definições científicas não são “dogmas”. É importante que os alunos percebam que os conceitos não são absolutos nem imutáveis; eles modificam-se, influenciados por novos estudos e debates na comunidade científica.

Um comentário faz-se necessário a respeito do uso de palavras em itálico no texto. De acordo com as regras de nomenclatura biológica, nomes de espécie e gênero devem ser destacadas em itálico (mais comum em textos impressos) ou sublinhadas.

Segundo normas de redação da Língua Portuguesa, palavras estrangeiras devem ser destacadas em um texto, também utilizando-se o itálico. Vejamos um exemplo: no volume 1, comentamos a respeito da hipótese do *Big Bang*, origem do universo – o termo *Big Bang*, expressão da língua inglesa, vem destacado em itálico.

No caso de palavras de origem latina ou grega que constituem nomes de outras categorias taxonômicas que não espécie ou gênero, optamos por não as destacar em itálico, para não confundir os alunos em relação às regras da nomenclatura biológica. A família das jiboias, por exemplo, denomina-se família Boidea – palavra latinizada que não aparece em itálico no texto.

Os nomes das estruturas estão atualizados de acordo com as nomenclaturas anatômica, citológica, histológica e humana, utilizando-se como base a obra *Tratado de Anatomia aplicada*, volumes 1 (1998) e 2 (1999), de L. J. A. Di Dio. Muitos nomes oficiais são diferentes daqueles tradicionalmente utilizados e, por isso, em muitos casos o nome antigo é apresentado aos alunos entre parênteses.

O estudo da Biologia não pode prescindir dos termos técnicos próprios da área, porém esses termos são utilizados ao longo do texto de forma criteriosa e adequada, priorizando a compreensão dos conceitos.

Todos os livros da coleção apresentam um **glossário etimológico**. A etimologia ajuda a compreender a origem de alguns termos próprios da Biologia, o que favorece a construção de significado em vez de uma simples memorização. A referência ao glossário etimológico encontra-se nos textos e na forma de atividades propostas em pequenos boxes ao longo dos capítulos.

Uma breve apresentação da estrutura da obra é feita no início de cada livro. Cada volume da coleção foi estruturado em unidades temáticas, e estas, subdivididas em capítulos.

O início de cada unidade é marcado por uma imagem e algumas questões que se propõem a motivar os alunos. Nesse momento inicial, não se pretende que as questões sejam respondidas; a imagem pode levar os alunos a uma discussão e/ou reflexão, despertando seu interesse pelo tema – há sugestões de abordagem na parte específica deste Manual.

Os capítulos apresentam pequenos boxes que complementam o texto principal. Esses boxes apresentam um título, de acordo com seu conteúdo:

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

Atividades que buscam promover a interação entre os alunos, estimulando a capacidade de argumentar e o respeito em ouvir opiniões alheias. Muitas questões propostas levam os alunos a expor conhecimentos prévios.

CURIOSIDADE

Como o próprio título indica, este boxe traz breves textos contendo informações complementares e curiosas a respeito de um assunto, muitas vezes promovendo relações com temas de outras áreas ou com saberes populares.

PENSE E RESPONDA

Atividades que podem ser feitas individualmente, constituindo questões desafiadoras, que exigem integração de conceitos e ideias para serem respondidas.

MULTIMÍDIA

Sugestões de livros, filmes e *sites* que complementam o tema estudado.

RECORDE-SE

Definições que devem ser destacadas naquele momento, por pertencerem a um tema trabalhado anteriormente ou para salientar aos alunos sua importância para o estudo daquele tema.

ATENÇÃO

Os conceitos científicos são definidos em sua forma geral, mas para toda regra existe exceção. Casos particulares, exceções ou lembretes importantes são colocados nesses boxes.

ATIVIDADE PRÁTICA

Em alguns capítulos são propostas **atividades práticas** (demonstrações e experimentos), que devem ser executadas se existirem condições de segurança e de supervisão durante a atividade.

É possível reconhecer nas seções mencionadas as diretrizes pedagógicas que orientaram a produção desta coleção; os diferentes tipos de boxes permitem desenvolver diversas habilidades, tendo como contexto os temas da Biologia.

As imagens presentes na coleção têm a finalidade de complementar os textos, oferecendo aos alunos uma segunda opção de leitura, possibilitando maior compreensão do assunto em questão.

Todas as imagens apresentadas nos capítulos possuem legendas, para facilitar o estudo e a interação entre texto e imagem. As legendas apresentam em destaque as palavras-chave que descrevem aquela imagem. No caso dos esquemas, tabelas e gráficos, há também um título, que facilita a identificação, pelo leitor, do tema tratado.

Logo no início de cada livro, a organização dos capítulos é apresentada ao aluno, para que ele se familiarize com a estrutura da obra. No caso de esquemas e dos vários tipos de micrografias, ícones são utilizados para permitir a rápida identificação.

Todos os capítulos apresentam as seguintes seções finais:

VAMOS CRITICAR O QUE ESTUDAMOS?

Os textos da seção auxiliam na compreensão de que o conhecimento científico não é absoluto e acabado. É nessa oportunidade também que são discutidos certos litígios acadêmicos em torno de conceitos, são feitos alertas quanto a detalhes de nomenclatura, Sistema Internacional de Unidades, atualizações recentes, detalhes que escapam ao nível de escolaridade, conflitos entre o senso comum e a posição da Ciência, informações complementares que esclarecem dúvidas que eventualmente possam surgir, alterações em conceitos tradicionalmente utilizados e vários outros tipos de considerações, todos no sentido de ampliar os horizontes do estudante, eliminar dúvidas e evitar a compreensão indevida de conceitos.

LEITURA

Texto para enriquecimento do assunto trabalhado. Toda leitura é sempre acompanhada de uma ou mais questões que permitem avaliar a compreensão que se teve do texto.

ATIVIDADES

Questões para elaborar sínteses do conhecimento construído, realizar uma autoavaliação e aplicar os novos conhecimentos em situações hipotéticas, relacionadas a problemas ambientais, sociais e outros. As atividades foram elaboradas levando-se em conta o desenvolvimento de competências e habilidades. Todas as atividades devem ser registradas no caderno, uma ferramenta fundamental de estudo pessoal, complementar ao livro.

As atividades estão organizadas em subseções:

Revendo e aplicando conceitos

Questões que convidam os alunos a rever conceitos trabalhados no capítulo, estabelecendo relações entre eles e com outros conceitos.

Trabalhando com gráficos

Questões que envolvem a interpretação de gráficos, seja pela construção de um gráfico a partir de dados fornecidos, seja pela leitura dos dados contidos em um gráfico.

Ciência, Tecnologia e Sociedade

Questões que relacionam temas do capítulo a questões ambientais, políticas e/ou sociais, incentivando os alunos a mobilizarem conhecimentos para analisar o mundo que os cerca. Esta seção não aparece necessariamente em todos os capítulos, porém questões com tal enfoque sempre estão presentes, seja ao longo do texto ou como parte de outras seções de atividades.

Questões do Enem e de vestibulares

Seleção de questões extraídas do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) e de vestibulares recentes de diferentes entidades do país, para complementar o processo de autoavaliação da aprendizagem ao final de cada capítulo.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, R. Q. *O ensino aprendizagem em tempos de internet*. São Paulo: Associação de Leitura do Brasil, 2008. Disponível em: <http://alb.com.br/arquivo-morto/anais-jornal/jornal4/palestrasPDF/rubensqueiroz.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2016.

AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BRASIL. Edital nº 3, de 24 de maio de 2012. Exame Nacional do Ensino Médio – Enem 2012. Anexo II – Matriz de referência. Brasília, INEP. 2012. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/edital/2012/edital-enem-2012.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2016.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio. Brasília, Ministério da Educação, 2002-a. Disponível em: <portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2016.

BRASIL. PCN+ Ensino Médio. Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, Ministério da Educação. 2002-b. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2016.

BRASIL. Resolução nº 2, de 30 de janeiro 2012 – Define Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília, Ministério da Educação/ Conselho Nacional de Educação/ Câmara de Educação Básica. 2012. Disponível em: < http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=9864&Itemid>. Acesso em: 28 mar. 2016.

CHILDHOOD INSTITUTO; WCF. *Navegar com segurança*: por uma infância conectada e livre de violência sexual. 3. ed. São Paulo: Cenpec; Childhood Instituto, 2012. Disponível em: <http://new.netica.org.br/educadores/aqruivos-cartilhas/navegue-com-seguranca.pdf?view=true>. Acesso em: 27 abr. 2016.

CRUZ, J. B. *Laboratórios*. Brasília, Ministério da Educação, Universidade de Brasília, 2009. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000013620.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2016.

DAYRELL, J. O jovem como sujeito social. *Revista Brasileira de Educação*, n. 24, set-dez, 2003. p. 40-52. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n24/n24a04.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2016.

Di DIO, L. J. A. *Tratado de anatomia aplicada*. v. 1. São Paulo: Póluss, 1998.

Di DIO, L. J. A. *Tratado de anatomia aplicada*. v. 2. São Paulo: Póluss, 1999.

FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA – UNICEF. *O uso da internet por adolescentes*. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.unicef.org/brazil/pt/br_pesquisa_internet.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS. Exame Nacional do Ensino Médio: Documento Básico 2000. Brasília: Inep, 1999.

HOFFMANN, J. *O jogo do contrário em avaliação*. Porto Alegre: Ed. Mediação, 2005.

KRASILCHIK. *Prática de ensino de Biologia*. São Paulo: Edusp, 2004.

MACHADO, N. J. *Educação*: Projetos e valores. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

OLIVEIRA, C. A. *A pesquisa escolar em tempos de internet*: reflexões sobre essa prática pedagógica. Tese de doutoramento. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008. Disponível em: <http://www.ppge.ufpr.br/teses/M08_oliveira.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2016.

SCARPA, D. L.; TRIVELATO, S. L. F. A linguagem e a alfabetização científicas: características linguísticas e argumentativas de artigos científicos. *Genética na Escola*, v. 7, n. 2, 2012, p. 46-57.

UNESCO. Declaração Mundial sobre Educação para Todos: satisfação das necessidades básicas de aprendizagem, Jomtien 1990. Unesco, 1998. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000862/086291por.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2016.

Orientações e sugestões para o trabalho com este volume

UNIDADE 1

Vida e princípios de Ecologia

CAPÍTULO 1 – Vida e composição química dos seres vivos

CAPÍTULO 2 – Vida e energia

CAPÍTULO 3 – Ciclos da matéria, sucessão ecológica e desequilíbrios ambientais

CAPÍTULO 4 – Ecossistemas e biomas

CAPÍTULO 5 – Relações entre os seres vivos

Objetivos gerais da unidade

O livro tem início com a problematização do conceito de vida e do que caracterizaria um ser vivo. A fim de suscitar essa discussão inicial, são abordados de modo simplificado conceitos básicos como célula, material genético, reprodução e evolução. Esses conceitos serão retomados e aprofundados neste volume e ao longo da coleção.

Por outro lado, nesse momento inicial, as reflexões introdutórias propostas são essenciais para que os alunos percebam a análise sistemática e o constante questionamento como características marcantes da Biologia e de outras Ciências da Natureza.

Também faz parte da unidade 1 o estudo de princípios de Ecologia. De acordo com os *Parâmetros Curriculares Nacionais* do Ensino Médio, é adequado iniciar o currículo de Biologia com o estudo do meio ambiente, por ser um tema amplo, que envolve a escala macroscópica.

É importante que, durante o estudo do meio ambiente, os alunos estabeleçam relações entre conceitos como teias alimentares, fluxo de energia e ciclos da matéria nos ecossistemas, dinâmica de populações e interações ecológicas, e conceitos fundamentais como célula, matéria, obtenção de alimento e energia pelos seres vivos.

Assim, o estudo da vida em escala microscópica ajuda a compreender a escala macro, e vice-versa. Os conteúdos abordados nas unidades seguintes e nos outros livros da coleção também poderão ser relacionados com os conceitos de Ecologia. Para que os alunos compreendam a complexidade da vida e a importância da preservação do meio ambiente, dois objetivos essenciais do ensino de Biologia no nível médio, é essencial estabelecer essas relações.

Abertura da unidade

A fotografia que abre a unidade 1 mostra duas paisagens em uma única imagem: uma submarina, mostrando um recife de coral e peixes, e uma terrestre, representada pela mata que cresce sobre uma ilha. Ela foi obtida posicionando-se a câmera fotográfica na linha d’água e captando a imagem acima e abaixo da superfície do mar.

Em uma pequena área, como esta das ilhas Palau, no oceano Pacífico, há evidências de grande biodiversidade. A partir desta percepção, sugerimos uma atividade de observação que os alunos podem realizar nos arredores da escola ou nas ruas e bairros onde moram: registrar, com desenhos ou fotografias, exemplos da diversidade de ambientes em uma única imagem.

Outra sugestão para o trabalho com a imagem de abertura de unidade é utilizar as questões apresentadas na página em relação ao ambiente mostrado na foto.

É interessante comentar que os corais habitam somente regiões do mar aonde chega a luz solar. Esses animais dependem de algas microscópicas simbiontes para sobreviver, pois delas obtêm a matéria orgânica (glicose) produzida pela fotossíntese. Por outro lado, as algas, ao viverem nos corais, obtêm nutrientes e abrigo. Essa integração é tão forte que fatores que prejudicam a sobrevivência das algas ou dos corais podem afetar toda a comunidade que vive nos recifes de coral, como peixes, crustáceos, moluscos e muitos outros seres vivos.

O caso dos corais ilustra aspectos importantes a serem discutidos com os alunos. Para preservar uma espécie, é preciso conhecer sua biologia e suas relações com outros organismos e com os fatores abióticos do ecossistema. Por outro lado, conhecer os hábitos de uma espécie ajuda a entender a dinâmica do ambiente em que ela vive. Assim, preservar os corais significa preservar todo o ambiente, com todas as outras espécies que ali ocorrem.

Atualmente, os principais fatores que ameaçam a preservação dos corais estão relacionados a atividades humanas, que levam a alterações na qualidade da água.

Todos esses comentários fornecerão elementos para os alunos pensarem nas questões propostas na abertura da unidade.

Sugerimos que, além de explorar a imagem de abertura, a mesma discussão seja voltada a ambientes ameaçados típicos do ecossistema da região em que os alunos moram. As questões da abertura da unidade também poderão ser abordadas ao longo dos capítulos, sendo retomadas em momento que você julgar mais oportuno.

CAPÍTULO 1

Vida e composição química dos seres vivos

Comentários gerais

Neste capítulo, é importante que os alunos desenvolvam aprendizagens de conteúdos conceituais e familiarizem-se com a estrutura do livro, reconhecendo:

- a consulta ao glossário etimológico como um procedimento que os auxiliará a interpretar o significado de termos específicos da Biologia;
- o significado dos ícones utilizados nas imagens de microscopia ou nos esquemas;
- os esquemas de células como modelos simplificados, com base em interpretações de cortes de células analisados em microscópios de luz e eletrônico.

A primeira parte do capítulo apresenta as características gerais dos seres vivos. Entendemos que nesse momento não é necessário aprofundar os conceitos de célula, metabolismo, reprodução, evolução e material genético, já que eles serão retomados ao longo da coleção.

A segunda parte do capítulo constitui uma rica possibilidade para planejar aulas de maneira integrada com a área de Química, no estudo da composição química dos seres vivos. Os conceitos de átomo, molécula, íon e solução, entre outros, são fundamentais nas duas disciplinas e os alunos serão beneficiados com a discussão multidisciplinar desses conteúdos.

De acordo com Bizzo e Kawasaki (2000):

> [...] cabe apontar a especialização das próprias disciplinas escolares, que fazem com que muitas vezes os estudantes se perguntem se o átomo da química é o mesmo átomo da física.

No artigo citado, os autores sugerem o tema fotossíntese como oportunidade de integrar diferentes disciplinas. Aqui, sugerimos uma abordagem interdisciplinar desde o início do curso, aproveitando o tema composição química dos seres vivos.

Fonte:
BIZZO, N; KAWASAKI, C.S. Fotossíntese – um tema para o ensino de Ciências? *Química Nova na Escola*, n. 12, nov. 2000, p. 24-29. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc12/v12a06.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2016.

Reflexões sobre o ensino de Biologia

Página 11
O conceito de vida

Conceituar vida não é uma tarefa simples e tem sido objeto de consideração por parte de estudiosos ao longo da história da Ciência. E como fica essa tarefa nas mãos dos professores de Biologia? Silva, Andrade e Caldeira (2000) analisaram as concepções de vida de vinte professores de Biologia da rede estadual de Bauru, SP. Constataram que a maioria citou a presença de DNA e genes, mostrando conhecimento atual. Observaram também a forte influência dos contextos social e religioso ao tratar do tema.

Segundo os autores da pesquisa, ao tentar definir vida, a simples listagem de propriedades que caracterizariam um sistema biológico não possibilita compreender a complexidade que envolve este tema.

Um ser vivo pode não apresentar todas as propriedades de uma lista, por exemplo. Assim, para transmitir a noção da complexidade da vida, é importante defini-la como um sistema de conceitos que se relacionam, de maneira que, em seu conjunto, esses conceitos dão significado uns aos outros.

O livro didático segue uma estrutura mais linear, aspecto presente neste livro. Por isso, apresentamos neste capítulo uma lista de características presentes nos seres vivos, inserindo dois conceitos fundamentais à Biologia atual: o material genético e a evolução. Os alunos poderão perceber, pela análise da composição química dos seres vivos, que todos possuem os mesmos tipos de substâncias. Como início do estudo da vida, essa apresentação pretende dar uma ideia da complexidade dos sistemas vivos.

Fonte:
SILVA, P. R.; ANDRADE, M. A. B. S.;CALDEIRA, A. M. A. A concepção de professores de biologia sobre o conceito de vida. VII ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis, 2009. Disponível em: <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienpea/pdf/976.pdf>. Acesso em: 03 maio 2016.

Sugestões de atividades complementares

Página 12

Elaboração de painel: o que os seres vivos têm em comum?

Sugerimos tal atividade como abordagem inicial do tema do capítulo. Os alunos, organizados em equipes, devem elaborar um painel (mural) que responda a questões, como: "o que eu, você, uma árvore, um gato e uma bactéria temos em comum?". Para responder a essa questão, os alunos deverão relembrar conceitos estudados no capítulo: célula, metabolismo, evolução e composição química dos seres vivos (água, sais minerais, carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos). Se o número de equipes formadas não for grande demais, cada uma poderá ficar responsável por elaborar um pequeno cartaz explicando um desses conceitos. Na data combinada, as equipes deverão trazer os cartazes para a escola para que um grande painel seja montado.

É importante orientar os alunos ao longo da produção dos cartazes, discutindo com eles o conceito que devem explicar, e sugerindo que sejam feitos esquemas ou figuras para que a versão final do painel seja compreensível e atraente. Estimule a participação de todos na tarefa.

Essa atividade também pode se tornar um projeto de maior duração. As equipes devem preparar os cartazes à medida que os conteúdos forem desenvolvidos. Assim, ao final do capítulo, o painel apresentará o que os alunos aprenderam ao longo dessas primeiras aulas do curso, e sua análise permitirá uma revisão dos conteúdos e uma avaliação do que foi compreendido antes de se iniciar o estudo dos próximos capítulos.

As idades do ser humano

Solicite aos alunos que busquem imagens retratando pessoas com diferentes idades. Após reunirem essas figuras, os alunos deverão, com base em suas suposições, comentar como as pessoas mudam em cada estágio de vida. Além de ser uma atividade que possibilita aos alunos relacionarem as idades com os estágios de vida, trata-se de um momento propício para expressarem sentimentos, desejos e expectativas.

É possível desenvolver a atividade em conjunto com as áreas de Língua Portuguesa e Arte. Sugerimos, por exemplo, que cada aluno elabore uma curta autobiografia, relatando passagens que considera importantes em sua vida e imaginando como gostaria que fosse sua vida no futuro.

Tema para discussão: morte

No capítulo afirma-se que uma das características dos seres vivos é a morte. Será mesmo que todos os seres vivos morrem?

Para problematizar, vamos supor que uma ameba **A** se divida em duas, **A1** e **A2**, e que cada uma, após crescer, divida-se em duas – já serão quatro. Cada uma delas, após crescer, sofrerá divisão – já serão oito... Em condições ideais, isso não terminaria nunca! Logo chegariam aos milhões de amebas!

Vamos pensar na ameba inicial **A**: ela deixou de existir como indivíduo. Se morrer significar "deixar de existir", talvez possamos dizer que a ameba que se dividiu deixou de existir. Mas, e então... Ela morreu? Ou continuou a existir eternamente nas amebas que se originaram dela?

Questões como essas são discutidas por cientistas de todo o mundo. É a partir dessas discussões e de novos conhecimentos e observações que a Ciência caminha.

Veja outro exemplo dessa discussão no texto extraído da revista *Ciência Hoje* (SBPC, v. 31, n. 185, p. 6):

> **Pergunta de leitor:** A morte é inevitável para todos os seres vivos ou existem alguns que não passam pelo ciclo de envelhecimento e morte?
>
> **Resposta** de Profa. Dra. Mirian David Marques, do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo: Existem espécies de organismos menos diferenciados, como os unicelulares e as esponjas, por exemplo, que podem reproduzir-se por divisão simples de um único indivíduo ou então por brotamento de partes do corpo de um indivíduo inicial. Nesses casos, pode-se considerar que não há morte do indivíduo original, porque é o seu próprio corpo que se divide e dá origem a outros indivíduos precisamente iguais a ele.
>
> SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA; INSTITUTO CIÊNCIA HOJE. *Ciência Hoje*, v. 31, ed. 185. Rio de Janeiro, ago. 2002, p. 6.

Sugerimos a seguinte questão para avaliar o entendimento do aluno a respeito do tema: uma esponja-do-mar que se reproduz assexuadamente morre? Espera-se que os alunos respondam discutindo argumentos presentes nos textos.

Na opinião da pesquisadora que escreveu o texto para a revista *Ciência Hoje*, um organismo que se reproduz assexuadamente, como a esponja, não passa pelo ciclo de vida e morte como outros organismos. Seu patrimônio genético está presente de forma inalterada nos novos indivíduos que ela vai gerando. Já o outro argumento considera que um organismo que realiza reprodução assexuada deixa de existir como indivíduo, sendo possível afirmar que ele morreu. Espera-se que os alunos percebam essa diferença entre as duas argumentações e façam suas próprias reflexões, percebendo a relatividade presente na discussão dos conceitos de vida e morte.

Página 17

Longevidade e reprodução em diferentes seres

Os alunos deverão pesquisar a longevidade de diferentes seres vivos, ou seja, a duração média de sua vida, assim como a idade em que desenvolvem maturação reprodutiva. Veja alguns exemplos:

Ser vivo	Longevidade média (*)	Idade de maturação reprodutiva (*)
Ser humano	75 anos	15 anos
Cão	16 anos	6 meses
Borboleta-monarca	2-5 semanas	8 dias
Pinheiro *Picea abies*	9000 anos	12 meses
Feijoeiro	2 meses	1 mês

(*) Tratam-se de valores aproximados, os quais podem variar segundo a espécie e as condições ambientais. No caso do ser humano, os dados da tabela são referentes ao Brasil. Fonte: Organização Mundial de Saúde. Disponível em: <www.who.int/countries/bra/es/>. Acesso em: 11 mar. 2016.

Os alunos poderão reparar que a duração do ciclo de vida, dependendo do ser vivo, pode variar muito.

Em um segundo momento, em parceria com os professores de Matemática, os alunos podem estabelecer relações entre os valores, calculando as idades em que cada ser vivo adquire maturação reprodutiva. Por exemplo, comparemos a maturação reprodutiva entre o feijoeiro e o ser humano. Se em 1 mês o feijoeiro adquire maturação reprodutiva, e sua longevidade é de 2 meses, é como se o ser humano desenvolvesse essa maturação somente aos 37 anos.

Página 27

Atividade prática: extração de DNA

O roteiro proposto a seguir permite isolar o DNA contido em células de morango, possibilitando a visualização macroscópica de um material filamentoso e esbranquiçado.

Volker Steger/SPL/Latinstock

Aspecto de precipitado de DNA, em solução transparente.

Convém esclarecer aos alunos que esse material corresponde às moléculas de DNA presentes em milhares de células que formam a polpa e os pequenos frutos secos do morango. No gênero *Fragasia* (morangueiro), há 7 tipos diferentes de cromossomos. Existem variedades diploides (2n = 14), tetraploides (4n = 28), hexaploides (6n = 42), e outras. Os morangos comercializados em feiras e supermercados são, geralmente, hexaploides.

Segue uma sugestão de roteiro para aplicação em aula prática.

Separando DNA de morango

Introdução

Quando vemos ou sentimos a água, não percebemos as moléculas de H_2O. Isso porque uma única gota de água contém muitas moléculas, mais do que é possível imaginar (cerca de 10^{21} moléculas). Algo parecido acontece com as moléculas de DNA: não podemos vê-las, mas podemos ver o aspecto de uma massa de DNA contendo muitas moléculas.

Material necessário

- Morangos maduros, sem as folhas;
- saco plástico com fechamento hermético;
- colher de sopa;
- colher de chá;
- 3 copos transparentes de vidro;
- sal refinado;
- detergente (sem cor);
- álcool a 98%;
- 150 mL de água morna;
- peneira;
- 2 tubos de ensaio grandes;
- bastão de vidro, plástico ou madeira.

Procedimentos

1. Colocar os morangos dentro do saco plástico e macerá-los até obter uma pasta, pressionando com os dedos. Desse modo, a amostra não é contaminada com resíduos da mão ou do ambiente.
2. Transferir o macerado para um copo.
3. Em outro copo, misturar água morna, uma colher (sopa) de detergente e uma colher (chá) de sal de cozinha. Mexer devagar para não fazer espuma.
4. Colocar 50 mL dessa mistura sobre o macerado de morangos e mexer lentamente com o bastão de vidro.
5. Deixar a mistura descansando por aproximadamente 30 minutos, mexendo de vez em quando com o bastão.
6. Depois de 30 minutos, passar a mistura para um copo limpo, coando com a peneira para que não passem pedaços de morango.
7. Colocar aproximadamente metade do líquido coado no tubo de ensaio.
8. Despejar cuidadosamente álcool dentro do tubo, sem misturar. Aguardar 3 minutos para que o DNA comece a precipitar. É possível retirar o DNA da solução com o bastão limpo.

Adaptado de: <http://genoma.ib.usp.br/sites/default/files/protocolos-de-aulas-praticas/extracao_dna_morango_web1.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2016.

Temas abordados: comentários e aprofundamentos

Página 14

ATENÇÃO

Procarionte e eucarionte

É importante conhecer a origem das palavras, pois ela nos ajuda a entender seus significados. No entanto, é preciso saber que nem sempre a etimologia traduz exatamente o significado atual da palavra, até porque os significados frequentemente mudam com o decorrer do tempo. Assim, às vezes, conhecer a origem de uma palavra dá apenas um indício de seu significado.

Tomemos como exemplo a palavra procarionte. *Cario* significa núcleo e o sufixo *-onte* refere-se a ser ou organismo. O prefixo *pro* é usado no sentido de "do que vem antes" ou de "anterior". Procarionte seria, então, algo como "ser que vem antes do que tem núcleo", uma tradução que pode fazer pouco sentido.

A análise do termo eucarionte facilita nossa compreensão sobre o significado de procarionte. Como o prefixo *eu* corresponde a "verdadeiro", eucarionte trata-se de um ser cujas células possuem núcleo individualizado, isto é, delimitado por membrana. Em contraposição, procarionte é o ser cuja célula não possui núcleo individualizado por membrana. As células procarióticas teriam sido as primeiras a existir na Terra, sendo, de fato, anteriores às células eucarióticas.

Página 18

História evolutiva dos elefantes

Este é o primeiro cladograma apresentado na coleção. É interessante aproveitar a oportunidade para levantar conhecimentos prévios dos alunos a respeito da evolução e sobre como eles interpretam um cladograma.

Para este momento inicial, lembrando que se trata de uma breve introdução ao conceito de evolução biológica, é importante que os alunos compreendam o cladograma como uma proposta, ou hipótese, a respeito da evolução de um grupo de seres vivos. Não se trata de uma explicação definitiva e, assim, é possível encontrar cladogramas propondo outras relações evolutivas entre proboscídeos. De qualquer modo, essa é uma ótima oportunidade para reforçar que a Ciência apresenta caráter dialógico, mostrando-se aberta ao confronto entre ideias e a possíveis reformulações.

Também é importante que os alunos percebam que todo cladograma é elaborado a partir de evidências científicas, como o registro fóssil.

Em termos de estrutura, comente com os alunos que um cladograma pode estar organizado verticalmente ou horizontalmente, conforme a posição dos terminais. Na figura apresentada no livro, o cladograma é horizontal, com a indicação dos períodos do passado para facilitar a interpretação. O gênero *Palaeomastodon* aparece como a linhagem mais antiga dos proboscídeos, ordem que agrupa os elefantes e os extintos mamutes.

Sugerimos a seguinte questão para avaliar o entendimento deste cladograma: dentre todos os gêneros apresentados, qual é o de parentesco evolutivo mais próximo com o elefante asiático?

Os alunos devem perceber que os gêneros *Elephas* e *Mammuthus* são mais próximos evolutivamente entre si do que *Elephas* e *Loxodonta*, os elefantes atuais. O nó comum às linhagens que originaram *Elephas* e *Mammuthus* indica que eles surgiram de um grupo ancestral comum entre 2 e 5 milhões de anos atrás.

Modificações no patrimônio genético e na seleção natural são os principais fatores evolutivos. Os proboscídeos fósseis foram extintos porque, provavelmente, apresentavam determinadas características que não foram favoráveis à sobrevivência quando ocorreram mudanças no clima e na vegetação das regiões onde viviam.

A seguir, alguns dados curiosos a respeito dos proboscídeos.

- A ordem Proboscidae existe há mais de 50 milhões de anos e agrupa cerca de 350 espécies, das quais apenas três possuem representantes atuais. Duas espécies de elefantes atuais pertencem ao gênero *Loxodonta*, o elefante africano. Uma espécie atual pertence ao gênero *Elephas*, o elefante asiático.
- O elefante asiático, quando adulto, mede cerca de 3 m de altura, sendo os machos maiores do que as fêmeas. O elefante africano é um pouco maior, tendo em média 3,3 m de altura.
- Os mamutes foram extintos há cerca de 8000 anos. Fósseis congelados desses animais foram encontrados na Sibéria, em bom estado de conservação, permitindo o estudo detalhado de suas características.
- A classificação e a identificação dos elefantes fósseis são feitas principalmente com base no estudo de seu esqueleto e de seus dentes.
- Os dentes desenvolvidos dos elefantes (marfins) são os incisivos. No elefante africano, esses dentes desenvolvidos estão presentes em machos e fêmeas; na espécie asiática, os marfins existem apenas nos machos.
- A palavra *elefante* deriva do grego *elephas*, que significa "marfim".
- O termo Proboscidae deriva da palavra grega *proboskis*, que significa "tromba".
- Os elefantes atuais estão ameaçados de extinção. As principais ameaças são a perda de *habitat* e a caça ilegal, para tráfico de marfim.

O *site* da ONG WWF (em inglês) é uma boa fonte para atualização a respeito da conservação de elefantes: <http://worldwildlife.org/species/elephant>. Acesso em: 11 mar. 2016.

Página 19

ATENÇÃO

Átomos, moléculas e substâncias

Um trabalho de parceria com os professores de Química poderá resultar em uma abordagem interdisciplinar que favorecerá a compreensão dos alunos a respeito da ideia de que o átomo estudado na Química é o mesmo estudado na Biologia.

Nesse sentido, sugerimos o desenvolvimento do tema *elementos-traços* como substâncias inorgânicas essenciais ao metabolismo das células. Segundo Baran (2005):

> Nos seres vivos predominam o carbono, o hidrogênio, o nitrogênio e o oxigênio. Como esses são os elementos fundamentais da Química Orgânica, acreditou-se durante muito tempo que somente os compostos orgânicos e as reações que os envolviam eram indispensáveis para a vida, e que os elementos e compostos comumente chamados "inorgânicos" tinham escasso ou nenhum significado para os sistemas vivos. Havia, no entanto, algumas exceções bem conhecidas e estabelecidas, tais como o reconhecimento da presença de ferro no sangue, ou de cálcio nos ossos e dentes, e a participação do fósforo em numerosos processos metabólicos.
>
> Só recentemente tomou-se consciência clara de que muitos outros elementos inorgânicos, sobretudo metais de transição, presentes geralmente em baixas concentrações (traços), são essenciais para todos os seres vivos. Hoje sabemos que certas alterações no metabolismo desses elementos-traços são causa de várias doenças e desordens fisiológicas.

Geralmente o curso de Química no Ensino Médio se inicia com o conceito de substância e o de matéria. Pela abordagem interdisciplinar, os alunos poderão perceber que os seres vivos são, também, formados por matéria. A diferenciação entre compostos orgânicos e inorgânicos deve ser feita de modo simples, sem aprofundamentos. Uma pesquisa a respeito dos elementos-traços pode revelar aos alunos a diversidade de compostos presentes no corpo humano e a importância de uma alimentação saudável e variada como forma de suprir as necessidades de nossas células.

Zlatko Kostic/Acervo do fotógrafo

Suplementos de compostos inorgânicos como manganês, zinco e outros podem ser necessários para algumas pessoas, e devem ser administrados somente por indicação médica.

Fonte:
BARAN, J. Suplementação de elementos-traços. *Química Nova na Escola* n. 6, jul. 2005. p. 7-12. Disponível em: <qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/06/a04.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2016.

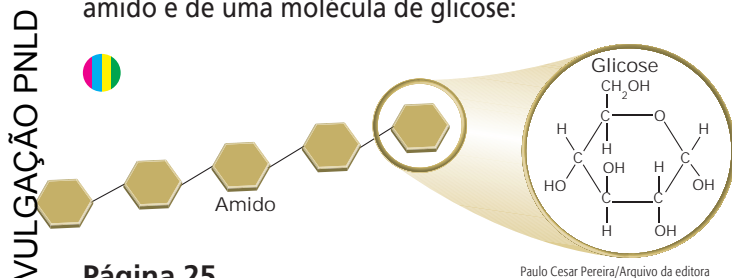
Página 22

PENSE E RESPONDA

Exemplos de polímeros	Monômeros correspondentes
Polissacarídeos	Monossacarídeos
Lipídios	Ácidos graxos e glicerol
Proteínas	Aminoácidos
Ácidos nucleicos	Nucleotídeos

Representação de trecho de uma molécula de amido e de uma molécula de glicose:

Glicose
Amido

Paulo Cesar Pereira/Arquivo da editora

Página 25

PENSE E RESPONDA

Sequências de nucleotídeos

O esquema a seguir mostra as possibilidades de sequências, considerando que cada sequência deve ser composta por quatro bases:

1ª BASE	2ª BASE	3ª BASE	4ª BASE
Pode ser A, C, T ou G	Pode ser A, C, T ou G	Pode ser A, C, T ou G	Pode ser A, C, T ou G
4 x	4 x	4 x	4 = 256

Logo, podem ser formadas 256 sequências diferentes.

Esse exercício possibilita aos alunos perceberem que, apesar de haver apenas quatro bases nitrogenadas, pode-se formar número muito grande de sequências. Isso explica a enorme diversidade de moléculas de DNA, já que cada molécula apresenta um número e uma sequência específica de nucleotídeos.

Página 25

Nucleotídeos

No livro do aluno foram apresentadas representações simplificadas dos nucleotídeos, com o objetivo de mostrar que a complementaridade entre uma base púrica e uma pirimídica se relaciona à estrutura molecular dessas bases. Uma base púrica (ou purina) possui dois anéis em sua estrutura, enquanto uma base pirimídica (ou pirimidina) possui apenas um.

Comparando a molécula de DNA a uma escada, a ligação de uma purina a uma pirimidina compõe um "degrau" de largura equivalente a três anéis (igual a 2 nm). Essa ligação é específica, sempre formando os pares adenina e timina (A–T), citosina e guanina (C–G).

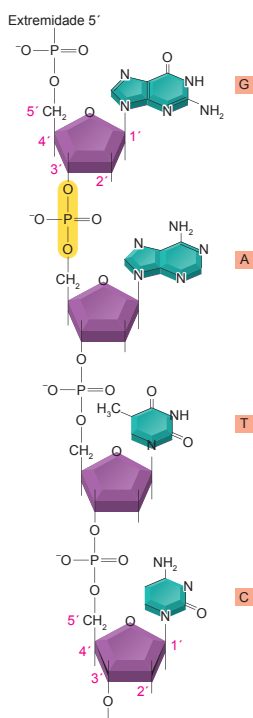
Os anéis das bases nitrogenadas são formados pela ligação entre átomos de carbono (C) e de nitrogênio (N), com a presença também de oxigênio (O) e hidrogênio (H). As bases nitrogenadas possuem a tendência de captar íons H^+ quando em solução aquosa, por isso sua classificação como "base".

O conjunto formado por uma base nitrogenada e a molécula de açúcar recebe o nome de nucleosídeo. Com a adição de um fosfato (PO_4^{3-}) a esse conjunto, temos um nucleosídeo monofosfato ou nucleotídeo.

Segundo convenção adotada em Química, os átomos de carbono que compõem um anel são numerados. Nas pentoses (ribose e desoxirribose), essa numeração vai de 1′ a 5′.

As moléculas de DNA e de RNA são polímeros de nucleotídeos, que se ligam em cadeia por meio do fosfato. Forma-se um esqueleto composto por fosfatos e açúcares, intercalados.

As duas extremidades de uma molécula de DNA ou de RNA são diferentes entre si. Uma das extremidades possui um fosfato ligado ao carbono 5′ da pentose. A outra extremidade apresenta um grupo hidroxila (OH^-) ligado ao carbono 3′ da pentose. Por isso, as extremidades da molécula são chamadas, respectivamente, de 5′ e 3′ (lê-se "cinco linha e três linha").

No DNA, uma cadeia de nucleotídeos com extremidades 5′ e 3′ está unida à cadeia complementar, que está no sentido 3′ e 5′. Na duplicação, a síntese de uma nova cadeia é sempre da extremidade 5′ para 3′.

Representação de uma cadeia de DNA, mostrando seu esqueleto de fosfato e ribose e os quatro tipos de bases nitrogenadas. As letras G, A, T e C identificam, respectivamente, os nucleotídeos guanina, adenina, timina e citosina. Guanina e adenina são bases púricas, que contêm dois anéis na estrutura molecular da base nitrogenada; timina e citosina são bases pirimídicas, que contêm um anel na base nitrogenada.

ALBERTS, B.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. *Biologia molecular da célula.* 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Páginas 33 e 34

Leitura

Doenças causadas por príons

a) A doença encefalopatia espongiforme é causada por uma proteína chamada príon que apresenta conformação espacial modificada e se acumula nas células, especialmente as nervosas. A interação entre um príon infeccioso e as proteínas não alteradas pode levar à formação de vários príons infecciosos.

Segundo informações do Portal da Saúde, a doença de Creutzfeldt-Jakob (DCJ), forma de encefalopatia espongiforme que acomete seres humanos, possui incidência de 1 a 2 casos novos a cada 1 000 000 de habitantes. Apesar de rara, é regularmente diagnosticada no Brasil, ocorrendo normalmente em pessoas com idade entre 60 e 80 anos. A partir dos primeiros sintomas, o paciente desenvolve demência progressiva e outros distúrbios neurológicos; em cerca de um ano, chega à fase terminal, ficando mudo e imóvel. A respeito da transmissão da doença:

> A forma exata de aquisição da DCJ ainda é desconhecida, podendo ocorrer por quatro mecanismos de transmissão conhecidos:
>
> – Esporádica: não existe nenhuma relação de transmissibilidade, nem evidência da doença na história familiar do paciente. Essa forma é responsável por aproximadamente 85% dos casos de DCJ.
>
> – Hereditária: Decorrente de uma mutação no gene que codifica a produção da proteína priônica, que tem 50% de probabilidade de ser transmitida aos descendentes.
>
> – Iatrogênica: Surge como consequência de procedimentos cirúrgicos (transplantes de dura-máter e córnea) ou através do uso de instrumentos neurocirúrgicos ou eletrodos intracerebrais contaminados.
>
> – Variante da DCJ: A outra forma da doença está associada ao consumo de carne e subprodutos de bovinos contaminados com Encefalite Espongiforme Bovina (Doença da "vaca louca") e é conhecida como variante da Doença de Creutzfeldt–Jakob (vDCJ). Os primeiros casos surgiram em 1996 no Reino Unido e diferentemente da forma tradicional (DCJ), ela acomete predominantemente pessoas jovens, abaixo dos 30 anos. O primeiro caso mundial de possível transmissão sanguínea da nova variante da vDCJ foi divulgado recentemente pelo Ministério da Saúde da Grã-Bretanha.
>
> Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/svs/doenca-de-creutzfeldt-jakob-dcj>. Acesso em: 16 mar. 2016.

Respostas às atividades

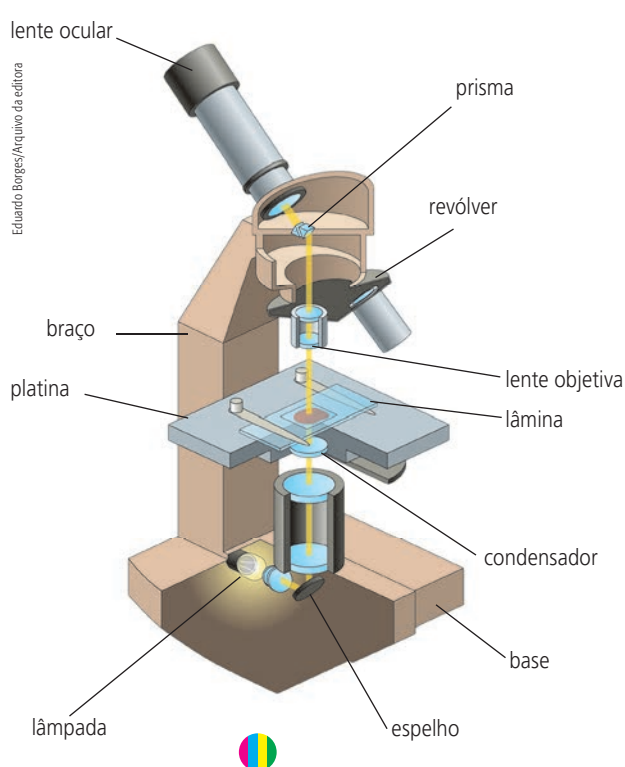
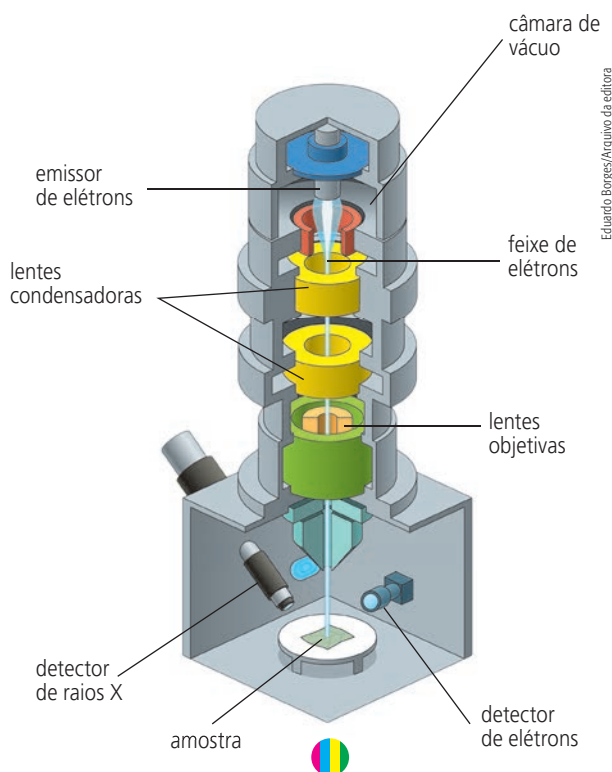
Revendo e aplicando conceitos

6. Definição dos conceitos:

- **DNA**: ácido nucleico constituído por dois filamentos complementares, formando uma dupla-hélice e apresentando nucleotídeos de adenina, timina, guanina e citosina. É responsável pela transmissão hereditária de características e pelo comando da síntese proteica.
- **Cromossomo**: estrutura formada por uma molécula de DNA associada a proteínas.
- **Célula**: unidade que forma o corpo dos seres vivos (exceção: vírus).
- **Nucleotídeo**: unidade (monômero) dos ácidos nucleicos. Um nucleotídeo é formado por fosfato, açúcar (ribose ou desoxirribose) e base nitrogenada.
- **Base nitrogenada**: molécula cíclica que contém o elemento químico nitrogênio, é relativamente alcalina e faz parte dos nucleotídeos. Há cinco tipos de bases: adenina, timina, citosina, guanina e uracila.

A ordem decrescente dos conceitos segue o raciocínio: a célula abriga cromossomos (no núcleo, em célula eucariótica, e no nucleoide, em célula procariótica); cada cromossomo é formado por uma molécula de DNA, formada por nucleotídeos. Cada nucleotídeo possui uma base nitrogenada.

Ciência, Tecnologia e Sociedade

10. b) O microscópio óptico ou de luz funciona com lentes de aumento. Um feixe de luz atravessa uma lâmina de vidro contendo material a ser observado e as lentes, produzindo imagem aumentada do material. Nos microscópios eletrônicos, em vez de feixe de luz, há um feixe de elétrons. Veja a seguir os esquemas simplificados desses dois tipos de microscópio.

Esquema mostrando a estrutura interna de um microscópio óptico. O feixe de luz está representado em amarelo.

Esquema mostrando a estrutura interna de um microscópio eletrônico de varredura. As lentes não são de vidro; são lentes magnéticas. O detector de raios X permite saber a composição da amostra.

CAPÍTULO 2

Vida e energia

Comentários gerais

Este capítulo discute os níveis de organização da vida. É importante que os alunos percebam que essa organização é hierárquica: partindo do nível de organização célula, é possível notar que o nível de organização tecido é mais abrangente, e, assim, sucessivamente. Ao seguirmos do nível menos abrangente para o mais abrangente, estamos caminhando no sentido da escala macroscópica.

Dentro desse contexto, apresentamos conceitos relacionados à Ecologia, como população, comunidade, ecossistema e biosfera.

Entre os níveis macroscópicos de organização, não apresentamos, neste momento, o bioma. Utilizando como principal referência a obra *A economia da natureza*, de Robert Ricklefs (Guanabara Koogan, 2010), consideramos que os biomas são formados por conjuntos de ecossistemas terrestres que compartilham características gerais de clima e vegetação. Os ecossistemas aquáticos não são agrupados em biomas aquáticos por este autor.

É importante que os alunos compreendam que todo ser vivo interage com outros seres vivos e com o ambiente, e nessas interações ocorre transferência de matéria e energia. Nesse sentido, propõe-se a discussão a respeito dos conceitos de nicho ecológico, cadeias e teias alimentares, *habitat*, pirâmides ecológicas, fotossíntese, respiração celular, autotrofia e heterotrofia. Priorizamos nesse momento do processo de aprendizagem uma discussão mais ampla, que possibilite compreender as relações entre os processos de fotossíntese e respiração, abordados em detalhes no capítulo 9.

Reflexões sobre o ensino de Biologia

Página 43

Representação de cadeias alimentares

Entre as pesquisas na área de ensino que analisam livros didáticos, uma parte delas é dedicada ao estudo das imagens neles contidas e suas relações com o ensino e aprendizagem.

Selecionamos um artigo que descreve a análise de ilustrações com o tema cadeia alimentar em livros didáticos de Ciências para o Ensino Fundamental II. As informações podem ser utilizadas para os livros de Biologia do Ensino Médio. Segundo os autores da pesquisa:

> Queremos frisar que os aspectos gráficos de um livro são importantes e surgem da necessidade de complementar as informações e conteúdos conceituais, mas sem estabelecer meras relações casuísticas e superficiais com o conteúdo. Ao trazer esquemas, gráficos, figuras, fotos e representações diversas para reforçar as explicações de um conceito em ciências, esses recursos contribuem para proporcionar o contato com o conhecimento científico que explica um fenômeno natural. Logo, quanto mais elaborada a qualidade gráfica de um recurso ou livro didático, melhor será a relação de abstração e compreensão do conhecimento nos processos de mediação ocorridos em sala de aula. Em ilustrações que representam meios ambientes e fenômenos ecológicos, a nitidez e a descrição das imagens são também construções teóricas e modelizações sobre os fenômenos não visualizados e não experienciados dentro de sala de aula. (PEREIRA; CARVALHO, 2013)

Foram escolhidos como critérios para avaliar as ilustrações a nitidez, a utilização de espécies regionais e as definições conceituais que acompanham as imagens, entre outros.

Em consonância com o que é recomendado no artigo, no capítulo 2 deste livro foram escolhidas espécies que ocorrem no Brasil nas ilustrações e nos textos sobre cadeia alimentar. No tema das pirâmides ecológicas, o exemplo adotado foi o de uma cadeia bem familiar: capim, vaca e carrapato. Sugerimos que o estudo deste capítulo seja complementado por atividades em que os alunos proponham cadeias e teias alimentares com espécies comuns ou nativas do lugar onde vivem. Devem ser incluídos exemplos de organismos aquáticos, para não fornecer a falsa impressão de que as cadeias alimentares ocorrem apenas nos ecossistemas terrestres.

Conforme destacado no artigo, a interpretação das figuras de um livro são parte importante do aprendizado. Oriente os alunos a sempre ler as legendas e usar as imagens como parte do estudo.

No artigo há um alerta, também, para outro aspecto:

> Outro aspecto que nos chamou atenção nas explicações é a didatização das complexas relações dentro de uma cadeia alimentar ao simples fato de "quem se alimenta de quem". Esse tipo de ideia omite o papel dos produtores na síntese de alimentos e na assimilação e fixação da energia que será transferida a outros seres vivos. (PEREIRA; CARVALHO, 2013)

Como professores, devemos verificar se a noção de fluxo energético acompanha o entendimento que o aluno faz das cadeias e teias alimentares, a fim de evitar uma visão simplista. Nesse sentido, o capítulo 2 se inicia com a explicação do metabolismo energético (fotossíntese e respiração) para, então, apresentar os níveis tróficos. A representação das cadeias alimentares na forma de pirâmide de energia é também muito importante para esta compreensão.

Outra observação importante é a respeito do termo "cadeia": verifique se os alunos compreendem seu sentido como sendo o de sequência, sucessão. Como a Biologia utiliza termos que possuem outros significados no cotidiano, podem surgir confusões.

Fonte:
PEREIRA, B. C.; CARVALHO, F. A. As ilustrações sobre teias e cadeias alimentares como formadoras de conceitos ecológicos em livros didáticos de ensino fundamental. *Atas do IX Enpec*. Águas de Lindoia, 10-14 nov. 2013. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R1011-1.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2016.

Sugestões de atividades complementares

Página 41

Analisando o entorno: variações sazonais em seres vivos

Na página 41, apresentamos um exemplo de como um ser vivo pode sofrer alterações ao longo das estações do ano num ecossistema em equilíbrio. Uma sugestão de atividade é pesquisar a respeito de mudanças que se verificam em uma planta ou uma população de animais que ocorra na região onde os alunos moram, ao longo das estações do ano. As mudanças podem ser morfológicas e/ou comportamentais.

Páginas 46 e 47

Montagem de uma composteira na escola

A montagem e a manutenção de uma composteira são atividades que podem envolver alunos de diversos níveis escolares.

A composteira deve se localizar em um canteiro e exige cuidados para não gerar mau cheiro e não atrair animais como moscas, baratas e ratos. Sendo corretamente montada, a composteira oferece a oportunidade de verificar a formação de material resultante da decomposição de matéria orgânica, bem como perceber que é possível manter atitudes sustentáveis.

O local escolhido deve ser sombreado e arejado, e mantido úmido, sem ficar encharcado. Restos de alimentos, bem picados, devem ser misturados a folhas secas e serragem. A composteira deve ser coberta, para não atrair moscas, e a mistura de restos e folhas deve ser regularmente revolvida, para aeração.

Em cerca de três meses, o material deve adquirir aspecto de terra escura, sem cheiro: é o composto, rico em minerais e que pode ser usado como adubo.

Paulo Cesar Pereira/Arquivo da editora

1 2 3

Etapas da montagem de composteira.

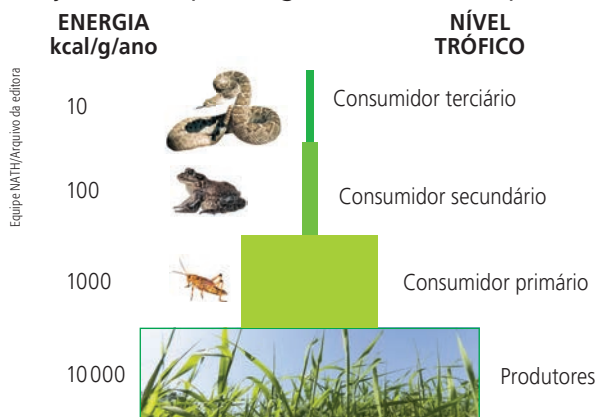
Página 48

Pirâmides de massa e de energia: sugestão de abordagem interdisciplinar

O que é massa? O que é energia? Esses conceitos são comuns às áreas das Ciências da Natureza. Em conjunto com os professores de Física e de Química, é possível elaborar atividades que permitam ao aluno perceber como esses conceitos são utilizados em diferentes análises, por cada área.

Como exemplo de análise em Ecologia, podem ser abordadas as pirâmides de massa e de energia. Veja um exemplo a seguir, com valores hipotéticos.

Equipe NATH/Arquivo da editora

ENERGIA kcal/g/ano	NÍVEL TRÓFICO
10	Consumidor terciário
100	Consumidor secundário
1000	Consumidor primário
10 000	Produtores

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Nessa pirâmide, nota-se que há parcelas de energia que não são aproveitadas de um nível trófico a outro: de 10 000 kcal/g/ano acumuladas nos produtores, somente 1000 kcal/g/ano são incorporadas no nível seguinte da cadeia alimentar.

Os alunos podem perceber que a pirâmide de energia ajuda a compreender a transferência de energia nos ecossistemas, constituindo importantes ferramentas para avaliar e/ou prever impactos de atividades humanas, como em práticas agropecuárias, por exemplo. No exemplo dado, se as necessidades energéticas dos consumidores primários fossem superiores a 1000 kcal g/ano, a cadeia alimentar não se sustentaria.

Estima-se que, na pecuária sul-americana, principalmente extensiva, um quilograma de carne bovina seja produzido com 18 a 20 quilogramas de pastagens, o que demanda muito espaço e recursos naturais como a água. Como a produção de carne pode se tornar sustentável, respeitando a capacidade suporte do ambiente, a preservação de ecossistemas e o bem-estar animal, são exemplos da rica discussão que pode ser levantada a partir do tema.

Página 50

Montagem de cadeias e teias alimentares

Solicite aos alunos recortes de figuras ou desenhos de plantas, animais e decompositores.

Após a apresentação das figuras, questione-os a respeito da obtenção de energia por cada um dos diferentes seres vivos. Os alunos deverão demonstrar o inter-relacionamento entre eles, representando cadeias e teias alimentares. A ligação entre os organismos da teia pode ser representada com barbante ou setas feitas em papel.

Ao realizar cada uma das etapas da atividade, converse com os alunos a respeito de questões como o que é uma cadeia alimentar, como é mantido o equilíbrio de um ambiente e/ou que fatores podem interferir nesse equilíbrio. Outro aspecto importante a ser ressaltado é o de que nas cadeias e teias alimentares cada organismo representa uma população.

Na atividade, é possível simular a introdução de um novo organismo na teia alimentar, que não sofra a ação de predadores já presentes. É possível simular também a extinção de uma das populações representadas. Os alunos podem discutir as consequências que essas situações podem representar para as outras populações, naquele ambiente.

Ao final da atividade, você pode solicitar aos alunos um registro sobre a atividade, permitindo avaliar o que eles aprenderam a respeito dos conceitos relacionados e quais aspectos precisam ser discutidos com a turma.

Um caminho interessante para esta atividade seria a elaboração de teia alimentar envolvendo espécies de plantas e de animais que ocorrem na região da escola.

Temas abordados: comentários e aprofundamentos

Página 42

O conceito de nicho ecológico

Nicho ecológico é um exemplo de conceito que sofreu transformações desde que foi proposto.

Alguns ecólogos criticam o termo, por julgá-lo impreciso demais. Outros autores têm-se dedicado a reverem-no, como Leibold (1995). Para Chase e Leibold (2003), a ressignificação do conceito tem muito a contribuir com os estudos ecológicos. De qualquer modo, a comunidade científica não chegou a um consenso sobre a definição de nicho.

Inicialmente, nicho ecológico foi definido como as áreas em que os organismos de uma determinada espécie poderiam sobreviver, referindo-se às condições ou a fatores ambientais relacionados à sobrevivência daquela espécie. A palavra nicho é de origem francesa e significa "ninho", o que parece apropriado para essa primeira definição. Posteriormente, o nicho foi definido como a função de uma espécie na comunidade em que ela está inserida, sendo logo associado à ideia de "profissão" de uma população no ambiente.

Em 1957, a definição do zoólogo G. E. Hutchinson (1903-1991) popularizou o uso do termo nicho, ao mesmo tempo em que eliminou a vaga ideia de "profissão" de um ser vivo, que estava associada ao conceito. Segundo Hutchinson, o nicho de uma espécie é uma caracterização abstrata dos fatores ambientais que permitem a sobrevivência de suas populações. Em linguagem acadêmica, nicho passou a ser definido como uma região (um hipervolume de *n* dimensões) em um espaço multidimensional composto por fatores que afetam a sobrevivência de uma espécie. As diferentes dimensões de um nicho representam variáveis bióticas e abióticas, que incluem aspectos da biologia de um organismo, sua participação em cadeias alimentares e sua distribuição geográfica, entre outros elementos.

Essa definição é complexa demais para ser discutida com alunos do Ensino Médio. Por isso, apresentamos o conceito de nicho ecológico de forma simplificada, e entendemos que os alunos precisam compreender o que está subentendido na definição de nicho: a ocorrência de uma espécie em uma região está relacionada a um conjunto de fatores do ambiente. Na página inicial deste capítulo, há um exemplo detalhado de características do nicho ecológico de uma espécie, o tapiti (*Sylvilagus brasiliensis*); o uso de exemplos é, neste caso, importante para a compreensão do conceito.

Fontes:
CHASE, J. M.; LEIBOLD, M. A. *Ecological niches, linking classical and contemporary approaches*. Chicago: Chicago University Press, 2003.
LEIBOLD, M. A. The niche concept revisited: mechanistic models and community context. *Ecology*, n. 76, 1995, p. 1371-1382.

Página 46

Decomposição

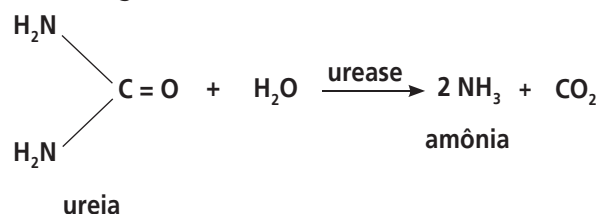
Geralmente, os alunos aprendem em Química que há quatro tipos de reações: de decomposição, de análise, de simples troca e de dupla-troca. Na reação de decomposição um único composto passa pela transformação:

SUBSTÂNCIA A → SUBSTÂNCIA B + SUBSTÂNCIA C

Em Biologia, *decomposição* adquire outro sentido. Refere-se não somente a uma única reação de transformação da matéria orgânica, mas a um processo que envolve várias reações químicas que resultam em substâncias inorgânicas mais simples.

Procure mostrar aos alunos que o mesmo nome – no caso, decomposição – pode estar relacionado a processos ou conceitos distintos dependendo da área.

Para apoiar tal discussão com os alunos, há o seguinte exemplo: a reação química entre ureia e água, ou hidrólise da ureia. Em condições ideais, o que inclui a presença da enzima urease, são produzidos amônia e gás carbônico.

$$\underset{\text{ureia}}{(H_2N)_2C=O} + H_2O \xrightarrow{\text{urease}} \underset{\text{amônia}}{2\,NH_3} + CO_2$$

Considerando o tipo de reação química, essa seria uma *reação de dupla-troca*: duas substâncias compostas reagem e formam-se duas novas substâncias compostas.

Em Biologia, essa reação faz parte do processo de decomposição de matéria orgânica. Os animais liberam ureia pelo sistema urinário e bactérias decompositoras transformam essa substância em amônia e gás carbônico.

Páginas 46 e 47

ATIVIDADE PRÁTICA

Que fatores influenciam a decomposição?

Como orientação prévia, discuta com a turma a respeito da importância de articulação entre procedimentos e objetivos em toda atividade de investigação. Os procedimentos devem estar de acordo com o(s) objetivo(s) definido(s).

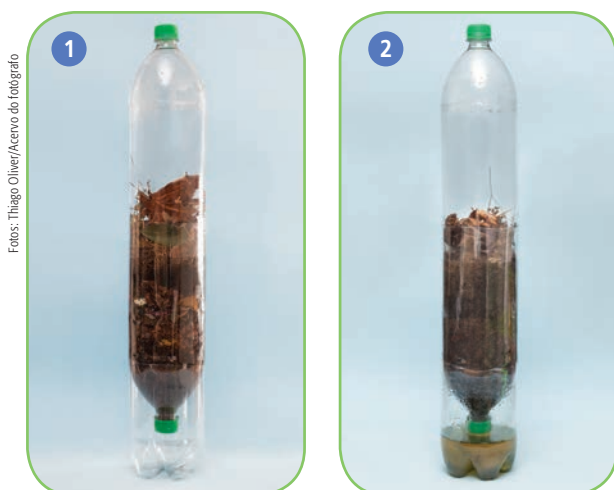
É importante salientar que um dos itens de avaliação da atividade por você será como cada grupo atendeu a essa questão.

Como recomendação geral, oriente os alunos a planejarem-se para obter o máximo possível de dados de observação. Cabe a eles organizarem-se para que, ao menos uma vez por semana, sejam registradas mudanças. Acerca desse registro, os alunos poderão anotar informações, tirar fotografias e fazer esquemas.

Oriente os grupos a descrever características como cor, massa, textura, cheiro e forma do que for colocado nas garrafas. Ao longo da atividade, a utilização de uma régua ao lado da garrafa possibilita medir periodicamente a altura do conteúdo da pilha de decomposição.

No planejamento do experimento, é fundamental que os alunos percebam a importância da montagem controle, que servirá de base para comparação e interpretação dos resultados. Assim, o ideal é que cada grupo planeje a montagem de no mínimo duas pilhas de decomposição, uma para controle e outra para teste.

Recomende aos alunos não utilizar produtos de origem animal, como carnes e ovos, pois na decomposição desses alimentos são liberados fortes odores, o que pode tornar desagradável o acompanhamento da atividade prática.

As fotografias a seguir mostram a pilha de decomposição no primeiro dia de observação e o resultado 30 dias depois. A altura da pilha diminuiu. O aspecto de uma casca de banana se alterou, tornando-se seca e escura. Um líquido foi recolhido na parte de baixo da montagem. Havia gotas de água na superfície interna da garrafa, formadas pela condensação do vapor-d'água liberado da pilha de decomposição.

Fotos: Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

1 Primeiro dia de observação da pilha de decomposição.

2 Pilha de decomposição após 30 dias.

Para os grupos que escolherem o fator **temperatura**, é importante que você os oriente a inserir um termômetro no topo da coluna para determinar mudanças de temperatura. É importante o registro das temperaturas de fora e de dentro da garrafa, no mesmo momento, para comparação, bem como ao longo dos dias.

No caso dos grupos que optarem pelo fator **umidade**, pode-se medir a quantidade de água fornecida à garrafa, e com que frequência isso ocorre, em duas montagens, uma sendo o controle e outra o teste.

Para os grupos que escolherem a **aeração**, um fator a ser considerado é a quantidade de furos. Outro fator poderia ser a dimensão dos furos.

Para os grupos que trabalharem com o fator **tipos de folhas ou outros materiais enterrados**, é essencial descrever as folhas, informar quantas foram usadas e os demais materiais biológicos utilizados.

Para os grupos que escolherem o **tamanho dos materiais enterrados**, é essencial que descrevam os materiais observados, que escolham uma unidade de medida única e que as mensurações sejam realizadas sempre com o mesmo instrumento – por exemplo, régua ou paquímetro.

Para os grupos que escolherem o **tipo de solo**, é essencial descrevê-lo como arenoso, argiloso, entre outros.

Independentemente do fator analisado, a apresentação dos resultados deve enfatizar se houve mudanças na pilha de decomposição ao transcorrer da atividade, com base em dados obtidos sobre o antes e o depois da montagem.

A fim de ampliar as discussões com os grupos, você pode sugerir que eles tentem calcular a *taxa de mudança* para o fator estudado. Por exemplo, se o fator analisado foi o tamanho dos materiais enterrados e a atividade durou 10 dias, e houve redução do tamanho em 10 unidades, a taxa foi igual a 1 unidade/dia.

Ao final da atividade, pergunte às equipes que resultados seriam esperados se no lugar da terra vegetal fosse utilizada terra estéril, previamente aquecida em forno. Relacionando a decomposição com a atividade de seres vivos na terra, os alunos poderão concluir que o aquecimento mataria as bactérias e os fungos responsáveis pela decomposição.

Página 51

PENSE E RESPONDA

Controle biológico

O controle biológico é uma técnica baseada na interação entre espécies, sendo uma delas a praga cuja proliferação se deseja controlar. Na região atingida

pela população que se tornou uma praga, pode ser introduzido um predador, um parasita ou um competidor, considerados "inimigos naturais" da espécie. Um tipo especial de controle biológico é o que utiliza as substâncias secretadas por insetos em sua comunicação química para causar desequilíbrios na população de insetos que se tornam pragas.

Os métodos de controle biológico podem ser usados como forma de controle de pragas em lavouras orgânicas e diversos estudos têm indicado sua eficiência como forma de reduzir as perdas na colheita e evitar o uso de inseticidas em lavouras convencionais. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) é uma das instituições que realiza pesquisas e orienta produtores no Brasil. O pesquisador Fernando Valicente, da Embrapa Milho e Sorgo, recomenda o uso de um vírus e de uma bactéria para controlar as populações de uma das pragas mais comuns nas plantações de milho:

> Uma das alternativas é o controle biológico da lagarta-do-cartucho, realizado através do uso de bioinseticidas à base de *Baculovirus* e *Bacillus thuringiensis*, agentes produzidos no Brasil em biofábricas. "O baculovírus, inseticida biológico em pó desenvolvido pela Embrapa, atua especificamente contra a praga, sem eliminar outros insetos que existam na lavoura, além de reduzir custos na lavoura, o que torna uma alternativa mais segura ao uso de inseticidas químicos, que apresentam alta toxicidade", observa.
>
> Valicente acrescenta que a Embrapa Milho e Sorgo desenvolveu o produto baculovírus a partir de um vírus específico que existe na natureza e que age sobre a lagarta, podendo ser usado com segurança por qualquer agricultor. Ele explica que o baculovírus compõe o grupo mais comum e mais estudado dentre os vírus patogênicos a insetos. [...] Já o *Bacillus thuringiensis*, explica o pesquisador, é uma bactéria Gram positiva, cosmopolita, que ocorre naturalmente em vários habitats incluindo solo, resíduos de grãos, poeira, água, matéria vegetal e insetos.
>
> Disponível em: <http://sna.agr.br/embrapa-recomenda-o-controle-biologico-da-lagarta-do-cartucho-em-milho/>. Acesso em: 16 mar. 2016.

O controle biológico exige planejamento cuidadoso para que não sejam introduzidos organismos que possam prejudicar outras espécies da região e provocar futuros desequilíbrios no ambiente.

Um caso famoso de controle biológico ocorreu na Austrália, em meados do século 19. Alguns casais de coelhos foram levados para o continente e, pouco tempo depois, formaram-se superpopulações desses animais, pois não havia predadores ou competidores que ameaçassem sua sobrevivência, e a taxa de sucesso reprodutivo desses animais era alta. Para combater a praga, foi introduzido um vírus letal para os coelhos, transmitido por mosquitos. Muitos coelhos morreram e, com a redução da população, o número de mosquitos contaminados com o vírus também diminuiu. Quando a população de coelhos aumentava, cresciam também os casos de transmissão do vírus, porque a população de mosquitos infectados também aumentava. Assim, passou a existir um equilíbrio entre mosquitos, vírus e coelhos.

Página 51

Desequilíbrio ecológico em uma ilha brasileira

No capítulo foi apresentado o exemplo de desequilíbrio ambiental causado pela introdução de serpentes exóticas em ecossistemas naturais da Flórida, EUA. Este caso é importante de ser analisado, pois a soltura de pítons na natureza foi feita por pessoas que as tinham como animais de estimação, o que pode suscitar uma reflexão a respeito do compromisso que se deve ter ao adotar um animal. No caso de serpentes, lagartos e outros animais menos comuns, os animais devem proceder de criadouros autorizados, com registro no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). Na impossibilidade de cuidar do animal, ele deve ser encaminhado ao Ibama, conforme descrito no *link:* <http://www.ibama.gov.br/perguntas-frequentes/centro-de-triagem-de-animais-silvestres-cetas> (acesso em: 16 mar. 2016).

Outro caso grave de desequilíbrio ecológico causado pela introdução de espécies não nativas ocorreu na ilha Anchieta, no litoral de São Paulo. Leia a reportagem a seguir.

> **Censo quantifica desequilíbrio ambiental na Ilha Anchieta**
>
> Feita há 22 anos com o objetivo de promover o equilíbrio ecológico, a introdução de animais no Parque Estadual da Ilha Anchieta, próximo a Ubatuba, no litoral paulista, acabou por desencadear novos problemas ambientais. O fenômeno foi constatado durante uma das etapas do censo populacional de animais da Mata Atlântica paulista, desenvolvido por pesquisadores e alunos do Departamento de Ecologia do Instituto de Biociências (IB), campus da UNESP de Rio Claro.
>
> Depois de abrigar por décadas um presídio que degradou a fauna e a flora local, a ilha recebeu, em 1983, 95 mamíferos de 14 espécies do Zoológico de São Paulo, como parte de um plano de recuperação ambiental. Apesar dos alertas de ecologistas, o governo estadual autorizou a iniciativa.
>
> Alguns dos animais introduzidos extinguiram-se naturalmente, como veados, bichos-preguiça e ratões-do-banhado. Outros mantiveram um contingente es-

tável, como os macacos-prego, cujo contingente gira em torno de 30 indivíduos. No entanto, algumas espécies reproduziram-se assustadoramente: as oito cutias são hoje cerca de mil, os cinco saguis somam 900, os treze quatis multiplicaram-se para 200 e os cinco tatus aumentaram para cem, enquanto os descendentes das sete capivaras já chegam a 250. "A concentração de saguis na ilha é seis vezes superior ao maior índice encontrado em outros pontos da Mata Atlântica, enquanto a de cutias chega a ser oito vezes maior", compara o coordenador do estudo, o biólogo Mauro Galetti, docente do IB.

O autor do trabalho na ilha, Ricardo Siqueira Bovendorp, terceiranista do curso de Ecologia, enfatiza as consequências dessa mudança. "Os saguis, quatis e gambás afetam a reprodução de aves, por consumirem seus ovos", adverte. "Hoje, a ilha tem 82 espécies de aves e estimamos que deveria ter pelo menos 200", acrescenta Galetti. Como predadores, os quatis também levaram à extinção de pequenos roedores silvestres que serviam de alimento para cobras como a jararaca, que apresentam problemas como redução populacional e nanismo.

A vegetação também sofre com o desequilíbrio. As capivaras elegeram as bromélias como alimento preferido, afetando a população dessas plantas, e as cutias, por se alimentar de sementes, dificultam a recuperação de áreas desmatadas.

Texto extraído de:
ZANELLA, J. Censo quantifica desequilíbrio ambiental na Ilha Anchieta. *Jornal Unesp*, n. 199, abr. 2005. Disponível em: <http://www.unesp.br/aci/jornal/199/ecologia.php>. Acesso em: 16 mar. 2016.

Página 53

LEITURA

Plantas que "evitam" animais herbívoros

c) Os alunos podem encontrar, por exemplo, informações sobre a embaúba ou imbaúba (gênero *Cecropia*), que mantém associação com formigas que vivem em cavidades no interior de seu caule. As formigas alimentam-se da solução açucarada liberada por pulgões que retiram a seiva elaborada dos vasos do floema da planta. Elas defendem a embaúba do ataque de outras formigas, como as saúvas, que cortam suas folhas.

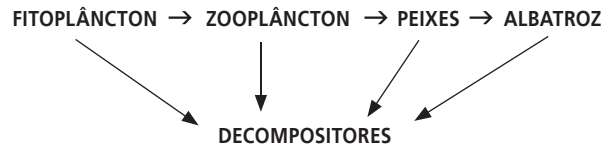
Respostas às atividades

Revendo e aplicando conceitos

2. Pode ser citada uma cadeia que tem, como produtores, algas unicelulares que fazem parte do fitoplâncton. Elas servem de alimento a seres que compõem o zooplâncton, os quais, por sua vez, são consumidos por peixes. Pode-se mencionar outro exemplo de cadeia no qual bactérias quimiossintetizantes marinhas são produtoras, as quais são consumidas por seres que formam o zooplâncton. Eles, por sua vez, são consumidos por peixes. Em ambas as cadeias, deve ser mencionada a existência de seres que decompõem a matéria orgânica: os decompositores.

3. Veja a representação de uma cadeia alimentar aquática incluindo os decompositores:

FITOPLÂNCTON → ZOOPLÂNCTON → PEIXES → ALBATROZ

DECOMPOSITORES

6. c) A pirâmide de energia é **A**. A energia química contida na matéria orgânica sintetizada pelo produtor vai diminuindo ao longo da cadeia alimentar. Parte da energia produzida é utilizada pela própria árvore em sua sobrevivência, e parte é perdida sob a forma de calor. Do alimento ingerido pelo pulgão (consumidor primário), parte é utilizada em sua respiração e parte é dissipada como calor e fezes. Assim, uma quantidade menor ainda da energia proveniente do produtor estará disponível para o consumidor secundário (pássaro).

6. d) O *habitat* dos pulgões, neste exemplo, é a árvore. Quanto ao seu nicho ecológico, há algumas informações: do que eles se alimentam e quem são seus predadores. Para definir seu nicho ecológico, faltam informações, como o período de atividade, a época reprodutiva, o número de ovos produzidos, as interações com outros animais e plantas, entre outras.

Trabalhando com gráficos

7. b) Gráfico:

Variação nas populações de preás e jaguatiricas ao longo do tempo

número de indivíduos

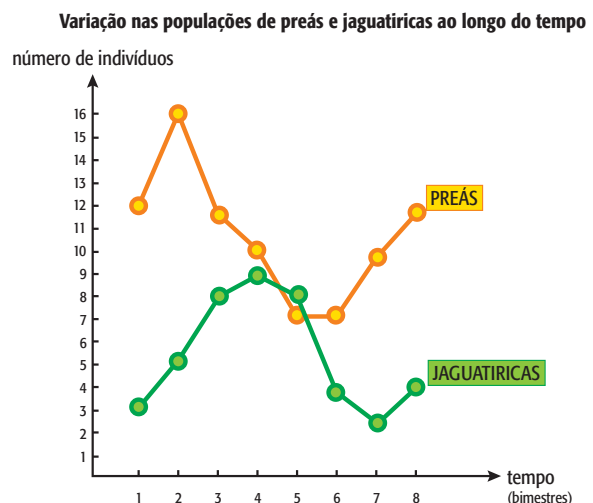
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

PREÁS

JAGUATIRICAS

1 2 3 4 5 6 7 8

tempo (bimestres)

Maps World/Arquivo da editora

Oriente os alunos a evidenciar os pontos do gráfico, contornando-os.

A melhor escala é aquela que mostra em detalhes o número de indivíduos de cada população, incluindo o número máximo de indivíduos, sem que, ao fazê-lo, torne-se demasiadamente longa. Por exemplo, para chegar à melhor escala, sabendo que o número máximo de indivíduos é *x*, deve-se tentar mostrar o máximo de intervalos até chegar em *x*.

Oriente os alunos a elaborar o gráfico de maneira que sua visualização seja favorecida. Para isso, devem ocupar adequadamente a folha, deixando espaço para título e legenda. Deve ser adotada uma escala que facilite a leitura dos pontos. Se a escala começar do zero, é preciso calcular o intervalo até o valor máximo. Em posse desse intervalo, e sabendo que geralmente a folha com tamanho A4 tem 29,7 cm × 21 cm, será necessário calcular quantos centímetros correspondem a cada unidade da escala.

Oriente os alunos a ligar os pontos com a régua.

Questões do Enem e de vestibulares

13. a) Há nove cadeias alimentares:

1. **Plantas → grilo → perdiz → gavião**
2. **Plantas → grilo → perdiz → raposa**
3. **Plantas → grilo → perdiz → cobra**
4. **Plantas → coelho → cobra → gavião**
5. **Plantas → coelho → raposa**
6. **Plantas → coelho → gavião**
7. **Plantas → camundongos → gavião**
8. **Plantas → camundongos → cobra → gavião**
9. **Plantas → camundongos → raposa**

As cadeias alimentares que apresentam quatro níveis tróficos são:

Plantas → coelho → cobra → gavião

Plantas → grilo → perdiz → gavião

Plantas → grilo → perdiz → cobra

Plantas → grilo → perdiz → raposa

CAPÍTULO 3

Ciclos da matéria, sucessão ecológica e desequilíbrios ambientais

Comentários gerais

A introdução do capítulo discute a ideia de que todo ser vivo interage com outros seres e com o ambiente. É importante que os alunos compreendam que essas interações estão relacionadas aos ciclos biogeoquímicos, como o da água, do carbono, do oxigênio e do nitrogênio.

É importante que os alunos percebam como atividades humanas podem interferir negativamente de diversas maneiras no equilíbrio desses ciclos.

O processo de sucessão ecológica também é assunto deste capítulo. Apresentamos como exemplo de sucessão primária o estabelecimento de uma floresta como comunidade clímax, mas é importante comentar com os alunos que a comunidade clímax pode ser um ambiente de savana, de campos limpos ou outros. O que define a comunidade clímax são as características da comunidade e o balanço entre as taxas de respiração e fotossíntese.

A discussão dos conteúdos neste capítulo procura, ao mesmo tempo, esclarecer a respeito da importância dos ciclos da matéria para o equilíbrio ambiental e promover a reflexão de como problemas ambientais podem ser resolvidos. Entendemos que os alunos são protagonistas em seu processo de aprendizagem, e, dessa forma, as discussões precisam levar os alunos a refletir sobre mudanças de atitude que beneficiem o ambiente. Nesse sentido, você pode estimular os alunos a pensar como poderiam atuar em prol da conservação da região onde moram. Posteriormente, pode-se expandir a ideia de ambiente, discutindo com eles se as ações em defesa da conservação ambiental seriam mais efetivas se abarcassem as demais regiões, pensando no ambiente como um todo.

Reflexões sobre o ensino de Biologia

Página 75

Educação ambiental

Optamos por iniciar o curso de Biologia no Ensino Médio com princípios de Ecologia, o que possibilita a análise de questões ambientais sempre presentes na mídia. Muitas delas, certamente, encontram relação com o cotidiano dos alunos.

Solicite aos alunos que observem o ambiente onde vivem e/ou onde está localizada a escola, a fim de identificar desequilíbrios ambientais e suas causas. Nessa etapa inicial, os alunos podem tirar fotografias, fazer vídeos, entrevistar moradores. Em um segundo momento, reunidos em equipes, os alunos podem propor ações para o enfrentamento de tais problemas.

Vamos citar um exemplo hipotético: na região pode existir um rio assoreado, devido à destruição da mata ciliar. Uma equipe pode ter a ideia de escrever aos vereadores da cidade para sugerir o replantio progressivo de árvores que ali ocorriam etc.

Essa atividade permite envolvimento de toda a equipe pedagógica da escola, assim como a comunidade escolar. Poderá ser desenvolvido um projeto maior, como uma campanha ao longo do(s) ano(s).

Assim, existe a possibilidade de iniciar um projeto de educação ambiental com as turmas do 1º ano. Para fundamentar este trabalho, há diversos livros e materiais sobre educação ambiental que podem auxiliar, oferecendo sugestões e subsídios para as atividades.

Uma sugestão é o livro "Educação ambiental – princípios e práticas", do Prof. Dr. Genebaldo Freire Dias, da Universidade de Brasília. Ele apresenta os conceitos fundamentais em educação ambiental e os marcos relevantes para a história do ambientalismo, no mundo e no Brasil. Há também diversas sugestões de atividades.

A partir da educação ambiental, os alunos poderão perceber a interligação entre os aspectos biológicos, químicos, físicos, econômicos, políticos e culturais, todos envolvidos nas questões ambientais. Não é possível analisar a problemática do descarte de resíduos sólidos, por exemplo, apenas pelo foco dos riscos de contaminação de solo e água. Com a contaminação, animais, plantas e populações humanas sofrem as consequências. Mas o que fazer com tantos resíduos produzidos diariamente? Quem são as pessoas que vivem da coleta informal de resíduos nas cidades? Como devem ser as políticas em relação à responsabilidade ambiental e social?

As questões ambientais são temas complexos e transdisciplinares, envolvendo múltiplos conhecimentos, aspectos éticos e outros. Por isso, são uma fonte rica de formação para a cidadania.

Saiba mais:
DIAS, G. F. *Educação ambiental* – princípios e práticas. 9. ed. São Paulo: Gaia, 2010.

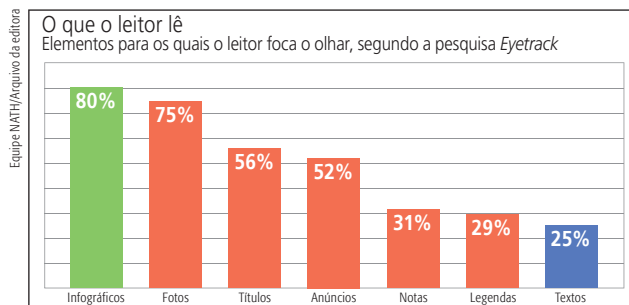
Página 79

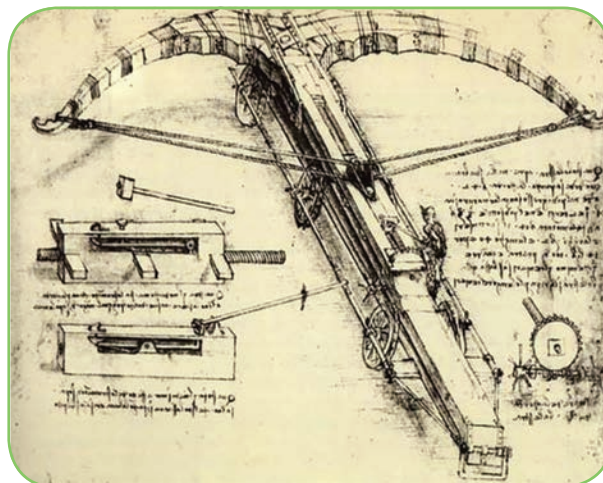
Infográficos no ensino

Os infográficos são uma forma de comunicação que reúne textos curtos e diretos associados a imagens, geralmente iconográficas. Pesquisas indicam que o infográfico é mais atraente, visualmente, aos leitores, que acabam dando mais atenção às informações ali contidas do que ao texto principal. O gráfico a seguir mostra o resultado de uma pesquisa que analisou quais elementos captam a atenção dos leitores de jornais e revistas:

Equipe NATH/Arquivo da editora

O que o leitor lê
Elementos para os quais o leitor foca o olhar, segundo a pesquisa *Eyetrack*

Infográficos	Fotos	Títulos	Anúncios	Notas	Legendas	Textos
80%	75%	56%	52%	31%	29%	25%

Fonte: Poynter Institute apud Alvarez, 2012.

Essa forma de comunicação é antiga, muito comum em trabalhos científicos e manuais técnicos. Vamos citar como exemplo Leonardo da Vinci, que produziu alguns "infográficos", detalhando a montagem e o funcionamento de engenhocas desenvolvidas por ele.

Biblioteca Ambrosiana; Milan

"Infográfico" descrevendo a arma conhecida como besta gigante sobre rodas, elaborada por Leonardo da Vinci, no século XIII.

Por ser uma forma mais sintética e visual de apresentar conteúdos, os infográficos têm se tornado cada vez mais comuns na mídia e podem ter benefícios ao serem usados em sala de aula – é o que defende a pesquisadora Ana Maria Torres Alvarez em sua tese de doutorado:

> Adaptável a todas as disciplinas e aos vários níveis de domínio cognitivo, da Educação Infantil à Pós-graduação, hoje é possível encontrar na mídia impressa e digital um grande número de infográficos que abrangem conteúdos os mais diversos e que envolvem desde conceitos primários até temas mais complexos e específicos presentes em pesquisas científicas e manuais técnicos.
>
> Se a leitura de infográficos permite aos alunos desenvolver habilidades muito desejáveis como a construção de sentido e o desenvolvimento do pensar crítico, a produção de infográficos pelos próprios alunos é uma proposta desafiadora que pode ativar o desenvolvimento de outras importantes habilidades cognitivas, sensíveis e sociais. [2012, p. 237]

Uma sugestão para atividade de elaboração de infográficos pelos alunos é iniciar pela análise do que é apresentado na página 79 do livro. Converse com a turma a respeito de questões como: qual é o tema do infográfico? Quais são as informações veiculadas? De que forma as imagens complementam os textos?

Em seguida, eles podem selecionar exemplos de infográficos em revistas de divulgação científica, fazendo análise semelhante. De forma individual ou em

pequenos grupos, podem então escolher um tema ambiental abordado neste capítulo e representar um enfoque deste na forma de um infográfico.

Saiba mais:
ALVAREZ, A. M. T. *A infografia na educação*. Contribuições para o pensamento crítico e criativo. São Paulo, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2012. Tese de doutorado. Disponível em: <http://www.sapientia.pucsp.br/tde_arquivos/11/TDE-2012-06-25T07:23:54Z-12433/Publico/Ana%20Maria%20Torres%20Alvarez.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2016.

Sugestões de atividades complementares

Página 62

Efeitos da chuva ácida

Os alunos podem buscar o aprofundamento das informações presentes no livro a respeito da chuva ácida e seus efeitos, procurando em revistas e *sites* exemplos dos efeitos desse fenômeno, tanto em áreas protegidas quanto em cidades. Os resultados podem ser apresentados na forma de cartazes ou por meio de "*posts*" (textos, podendo ter imagens) em um *blog* ou página de rede social, criados pela turma, com administração dos professores.

A chuva ácida prejudica lavouras e vegetações naturais, pois a acidez da água danifica folhas e raízes das plantas.

No Brasil, um dos mais graves exemplos de degradação por chuva ácida foi a destruição da Mata Atlântica na região de Cubatão, cidade próxima ao litoral paulista, nos anos 1980. Devido à intensa emissão de gases de nitrogênio e de enxofre pelas indústrias aglomeradas no local, a vegetação foi destruída. Os moradores também sofriam problemas de saúde relacionados à elevada poluição do ar. A situação foi em parte revertida a partir de medidas de controle das emissões de gases pelas indústrias e pelo reflorestamento da região.

Nos ecossistemas naturais, os estudos sobre os efeitos da chuva ácida são mais evidentes no hemisfério Norte. Já ficou comprovado que lá muitas plantas perdem suas folhas e outras morrem em razão da alteração do pH do solo. Quanto maior a acidez, maiores são os efeitos destrutivos, que podem afetar também peixes e outros animais.

Sobre os efeitos da chuva ácida nas cidades, os alunos podem encontrar informações e imagens de monumentos desgastados pela acidez e até manchas na pintura de automóveis em cidades onde a situação é mais grave.

R-P/Kino

Escultura em rocha calcária, desgastada por chuva ácida, em cidade europeia.

Atividade prática: chuva ácida

Esta atividade permite analisar o efeito de uma substância ácida na germinação de uma semente. Sua preparação deve se iniciar em um dia e prosseguir no seguinte, e a observação dos resultados dura cerca de uma semana.

Professor(a), prepare previamente a "chuva ácida" artificial, fazendo uma solução ácida ou usando sumo de limão, que tem pH de cerca de 2,3.

Efeitos da chuva ácida na germinação de sementes

Material necessário

- "Chuva ácida" artificial;
- água;
- 2 frascos (ou béqueres) de tamanho médio;
- 4-6 pires (ou placas de Petri);
- algodão;
- 50 sementes (exemplo: feijão; rabanete);
- papel-filtro;
- fita para medida de pH;
- luvas de látex e avental.

Procedimentos

1. Em um frasco (**A**) colocar água e no outro (**B**), a solução ácida. Medir o pH do conteúdo de cada frasco com a fita e registrar os valores.
2. Mergulhar 25 sementes no frasco **A** e 25 sementes no frasco **B** e deixar assim até o dia seguinte.
3. No dia seguinte, observar o aspecto das sementes em cada frasco e registrar.
4. Preparar dois conjuntos de pires onde devem ser colocadas as sementes. Forre com algodão e cubra com um pedaço circular de papel-filtro.

5. Disponha as sementes do frasco **A** em 2 ou 3 pires, regando com a água do frasco. Cubra as sementes. Faça o mesmo com as sementes do frasco **B**, que devem ser regadas com a solução ácida. Identifique corretamente os pires.
6. No dia seguinte, verifique os aspectos das sementes em todos os pires e registre os resultados. Prossiga as observações durante 3 ou 4 dias, regando se o substrato (algodão) estiver seco.
7. Ao final desse período, compare os resultados observados para cada conjunto de sementes.

Resultado esperado

Espera-se que as sementes expostas à solução ácida tenham taxa de germinação menor do que as sementes embebidas e regadas com água.

Discussão do resultado

a. Explicar por que foram feitas duas montagens (**A** e **B**) e não apenas o teste (**B**).

Na discussão desta resposta, aproveite para destacar a importância do grupo controle em procedimentos experimentais. Por meio da comparação entre o observado no controle e no teste, conclusões podem ser elaboradas. Destaque também o isolamento de variáveis, etapa fundamental em um experimento. Nesta atividade, foram utilizadas sementes iguais, o mesmo substrato (algodão), a mesma quantidade de líquido para rega e as montagens foram colocadas no mesmo local. A única variável foi o pH da solução: ácida ou neutra (água).

b. Comparar os resultados obtidos pelas equipes.

Dificilmente, o resultado de uma atividade experimental é idêntico para todas as equipes. Não se deve utilizar, no entanto, o termo "deu errado" para resultados que não saem conforme o esperado. Surge uma rica oportunidade de discutir o que pode ter influenciado as diferenças observadas.

c. Extrapolar os resultados observados para os possíveis efeitos da chuva ácida em matas e lavouras.

Os alunos devem relacionar o efeito da solução ácida em dificultar a germinação de sementes com os prejuízos que a chuva ácida causa na vegetação de matas e de lavouras.

As chuvas normalmente possuem pH ligeiramente ácido, em torno de 6. O pH da chuva ácida varia, geralmente, entre 2 e 5,5. O suco de limão possui pH 2.

Sugestões adicionais

A Universidade do Colorado, EUA, disponibiliza uma página chamada *Phet* com simuladores que permitem compreender diversos fenômenos físicos, químicos e biológicos. O simulador *pH Scale: Basics* permite escolher uma solução e verificar seu valor de pH. Está em inglês, mas é de fácil compreensão e uso intuitivo.

Disponível em: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/ph-scale-basics>. Acesso em: 22 mar. 2016.

Há um experimento de baixo custo, que simula a produção de um ácido, o HNO_3, composto presente na chuva ácida. O experimento deve ser realizado no laboratório, seguindo as normas de segurança e, idealmente, em um trabalho conjunto com o professor de Química. Veja o protocolo no *link* a seguir.

MAIA, D. J. et al. Chuva ácida: um experimento para introduzir o conceito de equilíbrio químico e acidez no Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, n. 21, maio 2005. p. 44- 46. Disponível em: <qnesc.sbq.org.br/online/qnesc21/v21a09.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2016.

Página 69

Discussão em ambientes virtuais sobre desequilíbrios ambientais

Muitos desequilíbrios ambientais extrapolam a região onde moram os alunos, podendo alcançar outras regiões, em nível estadual ou até mesmo nacional.

A troca de ideias entre várias pessoas e a formação de redes de discussão são elementos essenciais. Nesse sentido, a internet, além de possibilitar que os alunos interajam com estudantes de outras regiões, oferece recursos como imagens e vídeos. Os alunos podem criar um *blog* ou um fórum de discussão cujo tema seria desequilíbrios ambientais que ocorrem no Brasil. Avalie a possibilidade de haver interação com alunos de outras escolas e supervisione a atividade.

Como critérios de avaliação, ressalte que as discussões deverão ser embasadas em dados científicos. Além disso, enfatize que os debates devem ser verdadeiramente dialógicos, respeitosos e éticos.

Sugerimos como início das discussões o tema da água e a poluição de mananciais. O dia 22 de março foi escolhido pela Organização das Nações Unidas como o "Dia Mundial da Água", data que lembra os cidadãos dos países participantes da ONU da importância deste recurso natural. A declaração dos direitos da água é um bom início para compreender esta questão e está disponível no link citado a seguir.

Saiba mais:
Declaração dos direitos da água. *Ciência Hoje das Crianças*. Disponível em: <http://chc.cienciahoje.uol.com.br/declaracao-dos-direitos-da-agua/>. Acesso em: 20 mar. 2016.

Página 75

Atividade prática: poluição

Para determinar a poluição de um meio (solo, ar ou água) é preciso definir um padrão de qualidade, dado pela maior concentração que uma substância ou material pode atingir no ambiente sem causar prejuízos. Esta atividade prática permite compreender melhor o conceito de poluição e, a partir daí, as questões ambientais relacionadas.

Antes da aula prática, prepare a solução "x", dissolvendo 5 g de permanganato de potássio em 1 L de água.

Espalhamento de poluentes

Material necessário

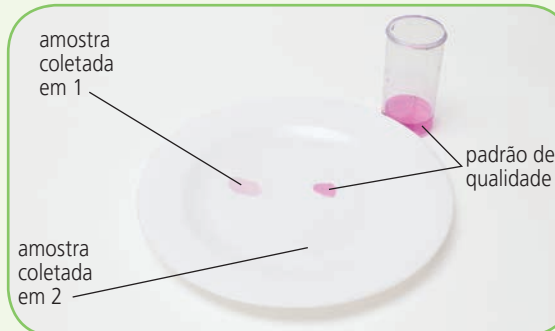
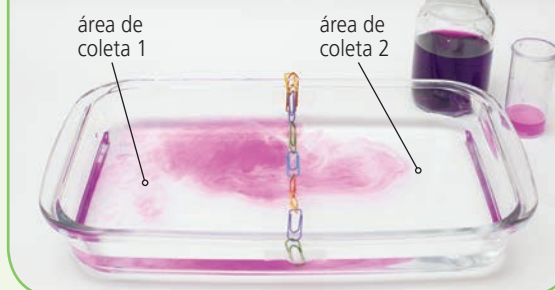
- Assadeira ou tabuleiro (medidas mínimas: 30 cm x 20 cm x 3,5 cm);
- uma jarra com água;
- clipes de metal ou plástico;
- fita adesiva;
- 1 pires branco;
- pote pequeno transparente, com tampa;
- seringa descartável de 25 mL, sem a agulha;
- 3 conta-gotas;
- 25 mL da solução "x".

Procedimentos

Professor, antes da aula prática, prepare a solução "x", dissolvendo 5 g de permanganato de potássio em 1 L de água.

1. Preencher metade do volume da assadeira com água.
2. Unir os clipes formando uma corrente. Usar essa corrente para representar a divisão da assadeira em duas metades iguais. Prender os clipes das extremidades com fita adesiva.
3. Com a seringa, colocar no pote 8 mL de água e depois 2 mL da solução "x". Fechar o pote e identificá-lo como o padrão de qualidade.
4. Limpar a seringa e utilizá-la para adicionar 20 mL da solução "x" em uma das metades da assadeira, tomando cuidado para não agitar a água.

Fotos: Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

5. Retirar, com o conta-gotas, uma gota de água da região onde foi adicionada a solução. Colocar esta gota sobre um pires branco. Repetir o procedimento com outro conta-gotas, retirando uma amostra da outra região da assadeira. Comparar o aspecto das duas amostras no pires.
6. Com o terceiro conta-gotas, colocar sobre o pires uma gota do padrão de qualidade e comparar as três amostras.

Atividade adaptada de:
CIÊNCIA HOJE. *Ciência Hoje na Escola* 6: Química no dia a dia. Rio de Janeiro: Ciência Hoje, 1998, p. 47.

Resultado esperado

A solução "x" possui cor arroxeada, devido ao permanganato de potássio. Espera-se que a mancha arroxeada se espalhe pela água da assadeira, "contaminando" diversas regiões.

Discussão do resultado

a. Explicar o resultado observado.

O resultado observado dependerá do instante da coleta das amostras da água. Se a coleta for realizada assim que o poluente "x" for colocado na água, espera-se que a sua concentração seja maior da área de aplicação, o que será identificado visualmente pela cor mais forte da amostra. Passados alguns segundos, pode ser que a solução "x" tenha se espalhado pela outra região da assadeira. No resultado mostrado na fotografia as duas amostras eram de cor mais suave do que a do padrão de qualidade, o que deve ser interpretado como o fato de a água ainda não estar poluída, apesar da presença do poluente.

b. Comparar o observado com a poluição de um lago, considerando que a solução "x" seria um poluente lançado na água.

Com esta analogia, os alunos poderão concluir que a água não poluída de um lago não significa, necessariamente, que nela não existam contaminantes. Com novos lançamentos do poluente, todo o lago estaria poluído.

Página 76

Campanha de reciclagem de materiais na escola

Os alunos podem elaborar e/ou participar de um programa de coleta seletiva dos resíduos sólidos gerados pela escola. Se não existir tal programa, incentive os alunos a organizarem-se e a atuarem em sua implementação e desenvolvimento, com colaboração e supervisão da equipe pedagógica e da comunidade escolar como um todo.

Sugerimos os seguintes subsídios sobre o tema *lixo*, que podem orientar a atividade sugerida:

- Livro: *50 pequenas coisas que você pode fazer para salvar a Terra* (São Paulo: Best-Seller, 1989), criado pela entidade norte-americana *The EarthWorks Group*. Apresenta o quadro de poluição e outros prejuízos ao meio ambiente e, como diz o título, sugestões de atitudes simples de conservação que estão ao alcance dos cidadãos.
- Artigo: "Lixo: compreender para esclarecer", de Emílio Maciel Eigenheer e João Alberto Ferreira (UERJ) para revista *Ciência Hoje*, v. 38, n. 227, junho de 2006, p. 30-33; você pode consultar também outros artigos sobre o lixo no *site Ciência Hoje on-line,* disponível em:<http://cienciahoje.uol.com.br> (acesso em: abril de 2013).
- Documentário: *Ilha das Flores*, direção de Jorge Furtado (Brasil, 1989, 12 min, cor). O documentário mostra o verdadeiro destino do lixo, as questões ambientais e socioeconômicas atreladas aos depósitos de lixo. Pode ser trabalhado em conjunto com professores de outras áreas.

Temas abordados: comentários e aprofundamentos

Página 60

Distribuição de água na Terra

O objetivo de apresentar o gráfico da distribuição de água na Terra é mostrar, com um recurso visual, que a maior parte do volume de água da Terra corresponde à água salgada dos mares e oceanos, e que a água doce líquida está principalmente nos reservatórios subterrâneos. Em um país rico em rios e lagos de água doce como o Brasil, esses dados podem ser surpreendentes para os alunos; a água doce disponível para consumo humano – retirada de rios e aquíferos – corresponde a uma pequena porcentagem da água do planeta.

Os valores que indicam as proporções em volume de água nos diferentes reservatórios do planeta Terra estão aproximados. Reproduzimos a seguir a tabela com os valores apresentados na obra consultada como referência.

Reservatórios de água da Terra

Reservatório	Volume (km^3 × 10^6)	Volume (%)	Tempo médio de permanência
Oceanos	1 370	94	4 000 anos
Galerias e capas de gelo	30	2	10 anos a 1 000 anos
Águas subterrâneas	60	4	2 semanas a 10 000 anos
Lagos, rios, pântanos e reservatórios artificiais	0,2	<0,01	2 semanas a 10 anos
Umidade nos solos	0,07	<0,01	2 semanas a 1 ano
Biosfera	0,0006	<0,01	1 semana
Atmosfera	0,0130	<0,01	10 dias

Fonte:
TEIXEIRA, W. et al. (Orgs.). *Decifrando a Terra*. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009, p. 188.

Para a aprendizagem de Ciências da Natureza, é importante saber montar e interpretar gráficos. Uma sugestão nesse sentido é apresentar a tabela e pedir aos alunos que esbocem gráficos a partir dos dados. Em seguida, os alunos podem analisar o gráfico apresentado na página 60 e comparar com o que fizeram.

Página 64

Desmistificando o aquecimento global

O aquecimento global é tema rodeado de controvérsias no meio científico. Os dados a respeito da temperatura média do planeta, da concentração de gases estufa na atmosfera e das mudanças climáticas têm sido interpretados de formas diferentes. O assunto tem sido discutido na mídia e até em filmes, mas é preciso cautela, pois não existem verdades absolutas na Ciência e os modelos e simulações utilizados apresentam limitações. Assim, é importante manter-se atualizado, buscando fontes de consulta confiáveis e, na medida do possível, imparciais.

A seguir, apresentamos trechos do artigo *Desmistificando o aquecimento global*, do Prof. Dr. Luiz Carlos Baldicero Molion, do Instituto de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), que questiona muitas afirmações que têm sido feitas a respeito do aquecimento global.

O clima da Terra tem variado ao longo das eras, forçado por fenômenos de escalas de tempo decadal até milenar. No final da década dos anos 1970, após um período de 30 anos de resfriamento, surgiu a hipótese que a temperatura média global da superfície estaria aumentando devido à influência humana. Essa hipótese está fundamentada em três argumentos: a série de temperatura média global do ar na superfície "observada" nos últimos 150 anos, o aumento observado na concentração de gás carbônico a partir de 1958 e os resultados obtidos com modelos numéricos de simulação de clima. Discutiram-se criticamente esses três aspectos, mostrando suas deficiências e concluiu-se que a representatividade global da série de temperaturas é questionável e que a não comprovada intensificação do efeitoestufa pelas atividades humanas, bem como as limitações dos modelos matemáticos de simulação de clima, não justificam a transformação da hipótese do aquecimento global antropogênico em fato científico consumado. Apresentaram-se argumentos que sugerem que um resfriamento global, paulatino, nos próximos 15 a 20 anos seria mais provável, em face do conhecimento atual que se tem do clima global e sua variabilidade.

[...]

O vapor-d'água é o gás principal de efeito estufa (GEE) e sua concentração é extremamente variável no espaço e tempo. Por exemplo, sobre a Floresta Amazônica existe 5 vezes mais vapor-d'água que sobre o Deserto do Saara e sobre a Amazônia, ainda, sua concentração varia de 30% entre a estação seca e a chuvosa. Em regiões polares, e em regiões tropicais a uma altura acima de 4 km, existe muito pouco vapor-d'água e o efeito-estufa é fraco. O gás carbônico (CO_2) é o segundo gás de efeito estufa (GEE) em importância, com concentração até 100 vezes inferior à do vapor-d'água. É o gás que tem causado grande polêmica, pois sua concentração, embora baixa, aumentou de 315 ppmv (1ppmv = 1 parte por milhão por volume, ou seja, 1 mililitro de gás por metro cúbico de ar) em 1958 para 379 ppmv em 2005, crescendo à taxa média de 0,4% ao ano, sendo esse crescimento atribuído às atividades humanas, com a queima de combustíveis fósseis e florestas tropicais. O metano (CH_4), com concentrações muito pequenas, na ordem de 1,7 ppmv, também vinha mostrando um significativo aumento de 1,0% ao ano, atribuído às atividades agropecuárias. Mas, a partir de 1998, a taxa de crescimento anual de sua concentração passou a diminuir inexplicavelmente, embora as fontes antrópicas continuem aumentando. Os gases restantes apresentam concentrações ainda menores que as citadas, porém parecem estar aumentando também. O efeito-estufa faz com que a temperatura média global do ar, próximo à superfície da Terra, seja cerca de 15 °C. Caso ele não existisse, a temperatura da superfície seria 18 °C abaixo de zero, ou seja, o efeito-estufa é responsável por um aumento de 33 °C na temperatura da superfície do Planeta! Logo, ele é benéfico para o Planeta, pois gera condições que permitem a existência da vida como se a conhece.

[...]

O aparente aumento de 35% na concentração de gás carbônico nos últimos 150 anos já deveria ter causado um incremento na temperatura média do globo entre 0,5 e 2,0 °C se resultados de modelos de simulação de clima fossem considerados. Entretanto, de acordo com o Sumário para Formuladores de Políticas, extraído do Relatório da Quarta Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (SPM/AR4/ IPCC, 2007), o aumento "observado" está entre 0,4 e 0,7 °C. Ou seja, o aumento "observado" está situado no limite inferior dos resultados produzidos pelos atuais modelos climáticos utilizados para testar a hipótese da intensificação do efeito-estufa. Porém, se a concentração de gás carbônico dobrar nos próximo 100 anos, de acordo com os modelos de simulação, poderá haver um aumento da temperatura média global entre 2 e 4,5 °C, não inferior a 1,5 °C conforme afirmado no SPM/AR4/IPCC. Os efeitos desse aumento de temperatura seriam catastróficos!

[...]

Um aspecto muito importante é que as séries de 150 anos são curtas para captar a variabilidade de prazo mais longo do clima. A segunda metade do século XIX foi o final da "Pequena Era Glacial", um período frio, bem documentado, que perdurou por alguns séculos. E esse período coincide com a época em que os termômetros começaram a ser instalados mundialmente. Portanto, o início das séries de 150 anos, utilizadas por vários pesquisadores, que contribuíram para o Relatório do IPCC, ocorreu num período relativamente mais frio que o atual e leva, aparentemente, à conclusão errônea que as temperaturas atuais sejam muito altas ou "anormais" para o Planeta. Conclui-se que existem problemas de representatividade, tanto espacial como temporal, das séries de temperatura observadas na superfície da Terra, o que torna extremamente difícil seu tratamento e globalização. E que estações climatométricas de superfície, portanto, são inadequadas para determinar a temperatura média global da atmosfera terrestre, se é que se pode falar, cientificamente, numa "temperatura média global". [...]

Fonte:
MOLION, L.C.B. Desmistificando o aquecimento global. *Intergeo* v. 5, 2002, p. 13-20. Disponível em: <http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/molion_desmist.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2016.

Página 67

PENSE E RESPONDA

Adubação verde

A adubação verde é uma técnica agrícola em que plantam-se leguminosas, espécies que possuem bacteriorrizas e, por isso, liberam compostos nitrogenados no solo, promovendo sua fertilização. O plantio de leguminosas pode ser feito antes da lavoura de interesse, como forma de preparar o solo, ou em conjunto com a lavoura principal, em faixas alternadas no solo.

Essa técnica possui diversas vantagens em relação às práticas que se valem de fertilizantes artificiais. O solo não fica desprotegido e passível de erosão pela chuva ou pelos ventos. Não há risco de contaminação de corpos d'água pelos fertilizantes artificiais, que, quando são levados pelas chuvas, podem gerar desequilíbrios em rios e lagoas, como a eutroficação (aumento excessivo de nutrientes na água, especialmente fosfato e nitrato, o que provoca crescimento exagerado de algas e gera efeitos secundários prejudiciais ao meio). Além disso, a adubação verde pode ser um método de fertilização de baixo custo.

Fonte:
EMBRAPA AGROBIOLOGIA. *Adubação verde*. 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355054/1527012/4a+-+folder+Adubação+verde.pdf/6a472dad-6782-491b-8393-61fc6510bf7d>. Acesso em: 20 mar. 2016.

Página 69

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

A recuperação do rio Tâmisa

O rio Tâmisa banha cidades da região Sul da Inglaterra, inclusive Londres, e desemboca no Mar do Norte, no oceano Atlântico. Com o desenvolvimento das cidades, ao fim da era medieval, o rio era o despejo do esgoto doméstico da crescente população. No século XIX, com a Revolução Industrial, o rio passou a receber também o esgoto das fábricas, sem qualquer tratamento. Em pouco tempo, o trecho do rio em Londres tornou-se sem vida, de água escura e malcheirosa, e fonte de transmissão de muitas doenças. Há relatos de sessões na Câmara dos Lordes interrompidas devido ao odor exalado pelo rio, em dias mais quentes.

No século XX, foi feito grande investimento em ações de recuperação do trecho do rio que passa por Londres. Entre as ações, a mais importante foi a construção de estações de tratamento de esgoto, o que significa que o rio recebe apenas a água proveniente dos esgotos. Passados 150 anos do início do plano de recuperação, o Tâmisa é hoje um rio limpo, com peixes e com possibilidades de lazer para a população, em suas margens.

George Bernard/SPL/Latinstock

Caricatura feita em 1828 pelo inglês George Cruikshank, mostrando o protesto da população de Londres (à direita) contra a poluição do rio. À esquerda, está representado o dono da companhia de distribuição de água, sentado em um vaso sanitário, segurando um cetro com ratos mortos e erguendo uma taça de água suja ao povo.

Página 74

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

Desertificação

As matas ciliares são formações vegetais nativas localizadas às margens de corpos de água, como lagos, rios e olhos-d´água, e estão envolvidas com o equilíbrio hídrico do ambiente, já que são essenciais ao ciclo hidrológico, influenciando as taxas de evapotranspiração e de condensação. Portanto, seu desmatamento contribui com a redução hídrica no solo, o que favorece a desertificação.

Por outro lado, como as matas ciliares evitam a erosão do solo, seu desmatamento provoca o assoreamento dos rios: as partículas de solo formadas pela erosão são levadas aos rios e depositam-se em seu fundo, obstruindo-o. Esse processo de assoreamento, consequentemente, altera o fluxo das águas do rio, afetando a distribuição hídrica no ambiente, o que também contribui com a desertificação.

A desertificação é a degradação de uma área, com danos à vegetação, aos animais e ao solo. O clima também é afetado, tornando-se mais seco. Este conceito foi definido na Conferência de Nairóbi, Quênia, organizada pela ONU em 1977.

Tal processo foi constatado em regiões do Brasil como Amazônia, Pantanal, Cerrado e Pampas. A desertificação de uma área dificilmente é revertida.

Saiba mais:
MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Gestão territorial – Desertificação. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/perguntasfrequentes?catid=19>. Acesso em: 20 mar. 2016.

Página 75

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

A atividade proposta aborda a contaminação do meio ambiente por substâncias tóxicas e radiação.

Os alunos poderão perceber que poluentes não conhecem fronteiras: um produto tóxico lançado em um rio no Brasil por uma indústria, por exemplo, pode chegar ao oceano, espalhar-se e contaminar até mesmo animais no polo Norte e na Antártida. Além disso, essas substâncias permanecem no ambiente por tempo indefinido, pois não são biodegradáveis. A seguir, reunimos informações sobre alguns elementos tóxicos como metais pesados e fontes de radiação, muitos deles, inclusive, já envolvidos em acidentes com mortes.

Exemplos de poluentes prejudiciais à saúde humana

Poluentes	Fontes principais de contaminação	Impactos na saúde humana
Chumbo	• Indústria de baterias automotivas, chapas e canos de metal, munição. • Indústria de reciclagem de sucata de baterias automotivas para reutilização de chumbo.	• Prejudicial ao cérebro e ao sistema nervoso em geral. • Afeta o sangue, os rins, os sistemas digestório e genital, com efeitos mais graves em crianças. • Pode causar mutações genéticas.
Cádmio	• Fundição de metais como zinco, chumbo e cobre – derivados de cádmio são utilizados em pigmentos e pinturas, baterias e reatores nucleares, entre outros.	• Pode causar mutações genéticas que levam ao câncer, além de danos ao sistema genital de animais e seres humanos. • Em algumas pesquisas, verificou-se a presença de cádmio em folhas de verduras quando aplicados certos tipos de adubo.
Mercúrio	• Mineração e o uso de derivados na indústria e na agricultura.	• Intoxicação aguda: ferimentos na pele e mucosas, náuseas, vômitos, diarreia com sangue, danos aos rins e morte em um período aproximado de dez dias. • Intoxicação crônica: destruição progressiva das células nervosas do cérebro e do cerebelo; surgem sintomas neurológicos, tremores, vertigens, irritabilidade e depressão, entre outros.
Zinco	• Metalurgia, indústrias recicladoras de chumbo e outros metais.	• Sensação de secura na garganta, tosse, fraqueza, dor generalizada, arrepios, febre, náusea, vômitos.
Césio-137	• Material radiativo utilizado em aparelhos de raios X, com propriedades luminescentes (emite uma forte luminosidade esverdeada); uma cápsula contendo 19 gramas de Césio-137 provocou a morte de quatro pessoas e a contaminação de mais de 200 em Goiânia (GO) em 1987. Ela foi encontrada em um hospital abandonado e vendida a um ferro-velho, onde foi manipulada por pessoas encantadas com a luminescência emitida.	• Como qualquer radiação, provoca aparecimento de tumores por causar mutações genéticas, além de malformações em fetos. • Intoxicação: o contato direto com o pó, que emite a radiação, provoca queimaduras graves na pele e mucosas com perda das partes afetadas; a inalação provoca irritação nas vias respiratórias; a ingestão promove uma corrosão das mucosas do sistema digestório. Tanto a intoxicação quanto a exposição à radiação apresentam altas chances de levar à morte.

Fontes:
Greenpeace: organização não governamental internacional que promove campanhas para alertar sobre questões ambientais – <www.greenpeace.org.br/nuclear/cesio/flash_cesio.html>.
Centro de controle de doenças (CDC), órgão governamental dos Estados Unidos – informações sobre toxicologia (em inglês): <http://www.atsdr.cdc.gov/toxicsubstances.html>.
Acessos em: 11 mar. 2016.

Páginas 80 e 81

LEITURA

2 - A duração do lixo no meio ambiente

a) Na construção de aterros, o solo é impermeabilizado e drenado, o que evita a contaminação de lençóis freáticos; os resíduos líquidos (chorume), resultantes da decomposição da matéria orgânica, são tratados e os resíduos sólidos são cobertos. Há ainda a possibilidade de obtenção de biogás (gás metano), liberado na atividade de decomposição. Segundo dados divulgados em 2000 pelo IBGE, cerca de 30% do volume de resíduos sólidos produzidos diariamente no Brasil são encaminhados para lixões, uma proporção considerada alta.

Fonte:
INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000*. Rio de Janeiro, IBGE, 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2016.

b) Segundo o Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama), a maioria das baterias de celular disponíveis no mercado contém substâncias pouco perigosas e podem ser dispensadas em aterros sanitários. No entanto, ainda é considerável o número de celulares com baterias de níquel-cádmio, material altamente tóxico. Além disso, poucos municípios brasileiros têm aterros sanitários licenciados e, mesmo nesses municípios, grande parte dos materiais vai parar em lixões. Poucas pessoas sabem o que fazer com as baterias antigas.

Nos municípios brasileiros, ainda são poucos os pontos de coleta de pilhas e baterias de celular que encaminham esse material para centros de reciclagem. Se descartadas de forma incorreta, o ambiente pode sofrer contaminação por cádmio, que é um elemento cancerígeno.

Sugerimos o seguinte complemento para esta atividade:

› Na região onde moram, existem pontos para recolhimento desse tipo de material? Onde ficam?

› Podem ser produzidos materiais como panfletos ou cartazes para divulgar a importância do descarte correto de pilhas e baterias em locais de coleta. No caso de não existirem pontos de coleta, pode ser organizado um pedido, redigido pelos próprios alunos, à Secretaria Municipal do Meio Ambiente.

Fonte:
BRASIL. Resolução Conama nº 401, de 4 de novembro de 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2008_401.pdf>.
Acesso em: 03 maio 2016.

c) A questão da conservação ambiental não é recente. Leia a seguir trechos selecionados da famosa carta escrita, em 1855, por Chefe Seattle, um chefe indígena da América do Norte, ao então presidente dos Estados Unidos, em resposta a uma proposta do governo de comprar as terras habitadas por sua tribo.

Sugerimos que a carta seja lida aos alunos para reflexão e inspiração na elaboração da campanha em prol da recuperação ambiental da região onde moram.

Carta do Chefe Seattle

Como é que se pode comprar ou vender o céu, o calor da terra? Essa ideia nos parece estranha. Se não possuímos o frescor do ar e o brilho da água, como é possível comprá-los? [...]

Essa água brilhante que escorre nos riachos e rios não é apenas água, mas o sangue de nossos antepassados. Se lhes vendermos a terra, vocês devem lembrar-se de que ela é sagrada, e devem ensinar às suas crianças que ela é sagrada e que cada reflexo nas águas límpidas dos lagos fala de acontecimentos e lembranças da vida do meu povo. O murmúrio das águas é a voz de meus ancestrais. [...]

O ar é precioso para o homem vermelho, pois todas as coisas compartilham o mesmo sopro – o animal, a árvore, o homem, todos compartilham o mesmo sopro. Parece que o homem branco não sente o ar que respira. Como um homem agonizante há vários dias, é insensível ao mau cheiro. Mas se vendermos nossa terra ao homem branco, ele deve lembrar que o ar é precioso para nós, que o ar compartilha seu espírito com toda a vida que mantém. [...]

Portanto, vamos meditar sobre sua oferta de comprar nossa terra. Se decidirmos aceitar, imporei uma condição: o homem branco deve tratar os animais desta terra como seus irmãos. [...]

Tudo o que acontecer à terra acontecerá aos filhos da terra. Se os homens cospem no solo, estão cuspindo em si mesmos.

Isto sabemos: a terra não pertence ao homem; o homem pertence à terra. Isto sabemos: todas as coisas estão ligadas como o sangue que une uma família. Há uma ligação em tudo.

O que ocorre com a terra recairá sobre os filhos da terra. O homem não tramou o tecido da vida; ele é simplesmente um de seus fios. Tudo o que fizer ao tecido fará a si mesmo.

Fonte:
FREIRE-DIAS, G. *Educação ambiental*: princípios e práticas. 7. ed. São Paulo: Editora Gaia, 2001.

Respostas às atividades

Revendo e aplicando conceitos

5. A proibição do uso de CFC foi uma tentativa de frear a redução da espessura da camada de ozônio, redução essa conhecida por buraco na camada de ozônio, causada pela reação entre o cloro, presente nessa molécula, e o ozônio. Pelo buraco da camada de ozônio, a radiação ultravioleta chega com mais intensidade à superfície terrestre e pode provocar mutações no DNA.

Trabalhando com gráficos

8. b) O DDT, lançado nas plantações, chega às fontes de água pela chuva e lençóis freáticos que recebem substâncias aplicadas no solo. Essa água contaminada chega aos oceanos. O fitoplâncton absorve o DDT e, pelas relações alimentares, o zooplâncton e os peixes são contaminados. As águias, alimentando-se de peixes contaminados, passam a acumular DDT em seus tecidos.

Vamos considerar que um indivíduo do zooplâncton consome diversas algas contaminadas; a concentração de DDT em um único organismo do zooplâncton é, portanto, maior do que a concentração de DDT em um indivíduo do fitoplâncton. O mesmo ocorre nos níveis tróficos seguintes. Um peixe alimenta-se de muitos indivíduos do zooplâncton em uma única refeição, e após um certo tempo, terá acumulado em seu organismo mais DDT do que um pequeno

ser do zooplâncton. Finalmente, a águia, depois de se alimentar de alguns peixes, apresentará uma concentração relativamente elevada de DDT.

CAPÍTULO 4

Ecossistemas e biomas

Comentários gerais

Neste capítulo destacamos os conceitos de ecossistema e bioma, apresentando também as principais características dos biomas que ocorrem no território brasileiro.

Enfatizamos dois pontos que merecem ser considerados por você ao longo das discussões com os alunos.

Um deles é a existência de uma tendência atual para restringir o termo "bioma" aos ecossistemas terrestres. Como a caracterização de um bioma depende de suas principais formações vegetais, não se fala em biomas aquáticos, onde não ocorre uma formação vegetal.

O outro ponto se refere à divergência quanto à classificação dos diferentes biomas, de acordo com a referência utilizada. Adotamos como referência a classificação proposta pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), adotada pelo Ministério do Meio Ambiente.

Para abordar a classificação de biomas, a proposta de atividade interdisciplinar com Geografia e outras disciplinas constitui uma ótima oportunidade para que os alunos percebam que a Ciência é dinâmica e que controvérsias dentro de uma mesma área e entre diferentes campos do saber é algo fundamental no processo de construção do conhecimento científico.

Sugestões de atividades complementares

Página 92

Análise de músicas e textos que retratem biomas brasileiros

Você pode desenvolver com os professores de Língua Portuguesa e Arte um trabalho em parceria para que os alunos analisem letras de músicas, poemas ou contos que tenham como tema um bioma brasileiro. É possível também que os alunos expressem ideias e sentimentos com base nessas análises.

A partir da leitura *Abandonados por traficantes, papagaios nordestinos ocupam Sul*, os alunos podem buscar informações a respeito de espécies de plantas e/ou animais nativos de outros biomas que ocorram na região (vivendo livres, não em cativeiro). Caso não seja possível obter essas informações, os alunos podem, como alternativa, observar e identificar espécies que seus vizinhos criem em casa. Os professores de Língua Portuguesa podem discutir com os alunos a respeito de como elaborar e realizar entrevistas para obter esses dados.

Em um segundo momento, os alunos devem descobrir a origem desses animais e plantas, identificando a que bioma eles pertencem e se a espécie introduzida pode ser considerada invasora.

Em um levantamento realizado pelo Ministério do Meio Ambiente, em 2003, para a elaboração do "Primeiro Informe Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras", foram catalogadas um total de 543 espécies exóticas invasoras, incluindo fauna, flora e micro-organismos.

Como exemplos de seres vivos que são encontrados fora de seus ambientes originais, estão o *Saimiri sciureus* também chamado macaco-de-cheiro, boca-preta ou jurupari, natural da Amazônia, mas que pode ser encontrado vivendo livre em regiões da Bahia. A jaqueira é outro exemplo de espécie introduzida, e que se tornou invasora: é originária da Índia, mas está amplamente distribuída no Brasil e, em matas nativas, elimina por competição plantas endêmicas.

Professor(a): na internet estão disponíveis vídeos que abordam a questão de espécies invasoras no Brasil. Veja alguns exemplos:

- *Canal Ciência Hoje on-Line*: "Espécies invasoras": <http://www.youtube.com/watch?v=Mgbm-6UPteU>
- *Canal Repórter Ciência*: Repórter Ciência - Espécies exóticas e invasoras no Rio de Janeiro: <https://www.youtube.com/watch?v=-zqM6RJWcqo>.

Acessos em: 20 mar. 2016.

Páginas 107 e 108

Pesquisa: extinção de espécies no Brasil

Solicite aos alunos que realizem uma pesquisa cujo objetivo é compreender os fatores que podem levar à extinção de uma ou mais espécies no Brasil, e a importância das Unidades de Conservação na prevenção desse processo.

Para isso, num primeiro momento, os alunos, reunidos em duplas, poderão buscar informações sobre:

- espécies de plantas nativas protegidas em parques nacionais e reservas ecológicas;
- animais que ocorrem nas regiões dessas unidades de conservação;
- plantas e animais endêmicos daquela região e já extintos;
- plantas e animais endêmicos daquela região e ameaçados de extinção;
- principais problemas enfrentados na preservação do ambiente e das espécies nele encontradas.

Em seguida, os alunos poderão desenvolver argumentos para explicar a extinção de uma espécie, organizando-os na forma de um relatório final com as fontes consultadas.

Pesquisa: impactos de atividades humanas em ecossistemas brasileiros

Esta atividade pode ser complementar à atividade anterior, ou ser executada separadamente. Deve-se escolher um ecossistema, de preferência da região onde fica a escola. Os alunos poderão consultar revistas, jornais, *sites* e outras fontes, procurando saber:

- quais são os principais problemas ambientais causados por atividades humanas;
- as medidas adotadas para tentar recuperar e preservar o ecossistema.

Com essa pesquisa, os alunos analisarão detalhadamente as características do ambiente natural em que vivem, reconhecendo aspectos gerais do bioma onde a região se localiza, bem como as particularidades do ecossistema.

Sugerimos as seguintes fontes de informação para desenvolver mais questões sobre o tema:

- *Site* da ONG Rede Nacional de Combate ao Tráfico de Animais Silvestres – RENCTAS: <www.renctas.org.br>. Acesso em: 05 maio 2016.
- Livro: BRUNO, S. F. *100 animais ameaçados de extinção no Brasil* – e o que você pode fazer para evitar. Ediouro, 2008.
- Filme: *Amazônia em chamas*, direção de John Frankenheimer (EUA, 1994, 96 min, cor). Produção especial para a televisão norte-americana que conta a história de Chico Mendes, seringueiro e ambientalista que lutou contra o desmatamento da Amazônia.

Temas abordados: comentários e aprofundamentos

Página 91

Conceito e classificação de biomas

O conceito de bioma não é isento de controvérsias entre os cientistas. De acordo com a obra que estamos adotando como referência:

> Embora não haja lugares que hospedem exatamente o mesmo conjunto de espécies, podemos agrupar as comunidades biológicas e os ecossistemas em categorias, baseado no clima e na forma de vegetação dominante, o que dá a eles seu caráter geral. Estas categorias são denominadas biomas. Os ecossistemas que pertencem ao mesmo tipo de bioma em diferentes partes do mundo desenvolvem uma estrutura de vegetação e funcionamento semelhantes aos dos ecossistemas, incluindo produtividade e taxas de ciclagem de nutriente, sob condições ambientais semelhantes. Assim, os biomas proporcionam pontos de referência convenientes para comparar os processos ecológicos numa escala global. (RICKLEFS, 2010, p. 78)

A classificação dos biomas leva em consideração que existe uma relação direta entre biomas e tipos de clima:

> Podemos classificar os ecossistemas em biomas porque o clima, junto com outras influências, determina as formas de crescimento vegetal mais adequadas a uma área e porque as plantas com formas específicas de crescimento são restritas a determinados climas. (RICKLEFS, 2010, p. 79)

Perceba que de acordo com tal conceito, não se fala em biomas aquáticos, pois esses ambientes não possuem formações vegetais.

Para a classificação dos biomas brasileiros, adotamos como referência o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que, em conjunto com o Ministério do Meio Ambiente, lançou em 2004 um mapa atualizado de biomas do Brasil. Segundo o IBGE, bioma corresponde a:

> [...] um conjunto de vida (vegetal e animal) constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional, com condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças, o que resulta em uma diversidade biológica própria (IBGE, 2004).

O gráfico apresentado na página 91 é muito utilizado para resumir a classificação dos biomas. É importante que os alunos tenham em mente que se trata de uma representação que procura demonstrar relações entre variáveis: vegetação predominante, precipitação média anual e temperatura média anual. Cada bioma apresenta uma vegetação predominante e deve se enquadrar a intervalos possíveis de *precipitação média anual* e *temperatura média anual*.

Assim, para ser considerado como *Floresta Pluvial Tropical*, um bioma apresenta, aproximadamente, temperaturas médias entre 20 °C e 28 °C, e precipitação média entre 2 500 mm e 4 500 mm.

Na interpretação do gráfico apresentado no livro, é interessante considerar que existem biomas e ecossistemas que não refletem a zona climática em que se encontram, pela influência de algum fator ambiental, como altitude do relevo ou tipo de solo. Em regiões montanhosas, por exemplo, as temperaturas são mais baixas e podem ocorrer diferenças em relação ao solo. Um caso que ilustra bem tal situação é o monte Kilimanjaro, no Quênia: rodeado pela quente savana africana, o cume do monte é permanentemente coberto de neve.

Fontes:

IBGE. Sala de Imprensa, 21 maio 2004. Disponível em: <http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=169>. Acesso em: 11 mar. 2016.

RICKLEFS, R. *A economia da natureza*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

Página 92

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

Biomas

Na obra *A economia da natureza*, o biólogo Robert Ricklefs toma por base a classificação dos biomas proposta, em 1986, pelo ecólogo alemão Heinrich Walter. Veja na tabela a seguir os 9 biomas terrestres propostos por Walter, com base nas zonas climáticas e na vegetação predominante.

Classificação dos biomas segundo Walter (1986)

Nome do bioma	Zona climática			Vegetação
Floresta Pluvial Tropical	I	Equatorial:	Sempre úmido e assazonal na temperatura	Floresta tropical úmida perene
Floresta Sazonal Tropical/Savana	II	Tropical:	Estação chuvosa de verão e estação seca de “inverno”	Floresta sazonal, arbustos ou savana
Deserto Subtropical	III	Subtropical:	(desertos quentes): altamente sazonal, clima árido	Vegetação desértica com grande superfície exposta
Bosque/Arbusto	IV	Mediterrâneo:	Estação chuvosa de inverno e verão seco	Xerófila (adaptada à seca), arbustos sensíveis ao congelamento e bosques
Floresta Pluvial Temperada	V	Temperado quente:	Ocasionalmente gelado, frequentemente com máxima de precipitação no verão	Floresta temperada perene, um pouco sensível ao gelo
Floresta Sazonal Temperada	VI	Nemoral:	Clima moderado com congelamento no inverno	Resistente ao gelo, decídua
Campo Temperado/ Deserto	VII	Continental	(desertos frios): Árido, com verões mornos ou quentes e invernos frios	Campos e desertos temperados
Floresta Boreal	VIII	Boreal:	Temperado frio, com verões frios e invernos longos	Floresta de folhas aciculadas, perenes, duras e resistentes ao gelo (taiga)
Tundra	IX	Polar:	Muito curto, verões frios e invernos longos e muito frios	Vegetação perene baixa, sem árvores, crescendo sobre solos permanentemente gelados

Fonte:
RICKLEFS, R. *A economia da natureza*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010, p. 81.

Página 98

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

A história da comunidade onde se vive

Professor(a), o próprio processo de busca de informações permite aos alunos conhecerem a história de sua comunidade. Estimule-os a entrevistar pessoas da comunidade, como artistas e líderes comunitários, assim como os próprios familiares.

Ao mesmo tempo, oriente os alunos a pesquisar informações em livros de bibliotecas públicas. É importante que eles complementem e confrontem informações obtidas em diversas fontes.

Em relação à apresentação do painel, estimule os alunos a explorar diversas linguagens visuais.

Além disso, eles podem comunicar à população do bairro e/ou cidade suas descobertas e reflexões, promovendo uma campanha de conscientização a respeito da recuperação ambiental e sua importância,

mobilizando mais pessoas para uma mudança de atitude. Com isso os jovens poderão perceber a importância de sua presença na transformação da realidade do entorno e de nosso país.

Páginas 103 e 104

ATIVIDADE PRÁTICA

Identificando seu bioma

Procedimentos

1. Segundo o IBGE, no Brasil as latitudes variam de *5° 16′ 20″ Norte* a *33° 45′ 04″ Sul*, tendo como referências a nascente do rio Ailã (Roraima) e o Arroio Chuí (Rio Grande do Sul), respectivamente.
2. Incentive os alunos a utilizar fontes de consulta confiáveis na obtenção dos dados, como o *site* da prefeitura da cidade, ou do IBGE. No *site* indicado a seguir, é possível identificar as classificações de clima para as regiões do Brasil – equatorial, tropical zona equatorial, tropical nordeste oriental, tropical Brasil central e temperado: Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/clima.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2016.
3. No *site* do Instituto Nacional de Meteorologia, os alunos poderão visualizar dados obtidos por estações meteorológicas distribuídas pelo Brasil e montar gráficos climatológicos. Disponível em: <www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>. Acesso em: 11 mar. 2016.
4. Sugerimos como referência para os alunos os livros:

LORENZI, H. *Árvores Brasileiras*: *manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. v. 1. 5. ed. Instituto Plantarum, 2010.
________ v. 2. 3. ed 2009.
________ v. 3. 1. ed 2009.
LORENZI, H.; SOUZA, H. M. *Plantas ornamentais no Brasil*: *arbustivas, herbáceas e trepadeiras*. 4. ed. Instituto Plantarum, 2008.

5. Resposta pessoal.
6. A tabela a seguir apresenta as principais características dos biomas do Brasil:

Bioma	Características			
	Topografia	Temperatura média anual (°C)	Precipitação média anual (mm)	Representantes de fauna e flora
Mata Atlântica	Planícies e serras na costa do Brasil	21	2240	• Onça-pintada, mono-carvoeiro, bugio, sagui, mico-leão-dourado, jacu, macuco, jacutinga, araponga e mutum. • Pau-brasil, jacarandá, palmito, jambo, jambolão, paineira, caviúna, jatobá, embaúba.
Amazônia	Planícies e planaltos no interior do Brasil	28	2500	• Uacari, macaco-aranha, dendrobate, onça-pintada, anta, uirapuru, jacaré-açu, pirarucu, tucunaré. • Castanheira, cacaueiro, palmeira (palmito), cupuaçu, guaraná, seringueira, mogno, cerejeira, açaí.
Cerrado	Relevo predominantemente plano, com presença de chapadas no interior no Brasil	23	1280-1800	• Ema, carcará, siriema, urubu-rei, socó, tucano, periquito, lobo-guará, onça-pintada, anta, tamanduá, tatu, veado-campeiro. • Araçá, murici, gabiroba, indaiá, capim-flecha, buriti.
Caatinga	Planaltos e depressões no interior do Brasil	27	500-700	• Carcará, gralha, cutia, gambá, veado--catingueiro, tatupeba, ararinha-azul. • Xique-xique, macambira.
Pampa	Relevo levemente ondulado, com o predomínio de planícies	10-14 (inverno) 20-23 (verão)	500-1000	• Tatu, guaxinim, zorrilho, caturrita, gato-dos--pampas (este último em risco de extinção). • Herbáceas, cabreúva, grápia, caroba, angico-vermelho, cedro.
Pantanal	Predomínio de planícies no interior do Brasil	25	1200	• Tuiuiú, garça, arara, periquito, falcão, onça-pintada, jaguatirica, capivara, jacaré. • Figueira, ingazeiro, capim-mimoso, buriti, aguapé, sagitária

Observação: Quanto aos ambientes costeiros, devido à grande extensão da costa brasileira – 8 500 km – há diversos ecossistemas ali presentes. São exemplos o manguezal, a restinga, os costões rochosos, as dunas, entre outros. Assim, não é possível destacar uma única característica geral para ambientes costeiros.

Além disso, existem as áreas de transição, em que se observam características de dois ou mais biomas vizinhos.

Saiba mais:
MORAES, D. Bioma Costeiro. *Museu In Vivo, Fundação Oswaldo Cruz*. Disponível em: <http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=967&sid=2>. Acesso em: 11 mar. 2016.

Interpretando os resultados

a. Manaus pertence ao bioma Amazônia, Petrolina ao bioma Caatinga, Goiânia ao bioma Cerrado, Porto Alegre ao bioma Pampa e São Paulo ao bioma Mata Atlântica.

b. Resposta pessoal. Discuta com os alunos o fato de que todo bioma apresenta determinadas características gerais. Porém, dentro de um bioma pode haver variações nas características, de região a região. Além disso, argumente com os alunos que, com a duração relativamente curta do processo de obtenção de dados, podem ter ocorrido as possíveis diferenças entre as características presentes em referenciais teóricos e as observadas durante a realização da atividade.

c. Resposta pessoal. No Brasil, segundo o referido gráfico, os biomas e ecossistemas que aqui ocorrem são do tipo:

- floresta pluvial tropical (Amazônia, Mata Atlântica);
- floresta pluvial temperada (Mata de Araucárias);
- floresta sazonal tropical/savana (Cerrado, Caatinga, Pantanal);
- campo temperado (Pampa).

Página 106

LEITURA

1 - Abandonados por traficantes, papagaios nordestinos ocupam Sul

d) Professor(a), estimule os alunos a expressarem-se com diversas linguagens para exporem suas ideias sobre o tráfico de animais. É importante que os cartazes apresentem dados de instituições do governo e/ou ONGs, procurando mostrar que o tráfico é uma realidade muito próxima a nós.

A questão do tráfico de animais silvestres envolve não apenas a fiscalização e a punição dos traficantes, mas a conscientização da população a respeito desse crime ambiental. O tráfico existe porque existem pessoas dispostas a comprar animais silvestres. Se esse não for um desejo de consumo, a prática criminosa tende a acabar.

Discutir questões éticas e com base nelas reavaliar comportamentos que aprendemos com as gerações passadas são ações fundamentais para que os alunos percebam a necessidade de novas atitudes rumo à sustentabilidade. Comprar e criar animais silvestres, usar de forma irresponsável os recursos naturais, descartar resíduos sem se preocupar com seu destino são alguns exemplos de comportamentos que precisam de mudança por parte das novas gerações. Instigue os alunos a conhecer exemplos de ações de sustentabilidade e recuperação de áreas degradadas. Se possível, estimule-os a participar de atividades em instituições governamentais e não governamentais que tenham como missão o cuidado com o planeta, a educação sustentável e atitudes conservacionistas.

Respostas às atividades

Revendo e aplicando conceitos

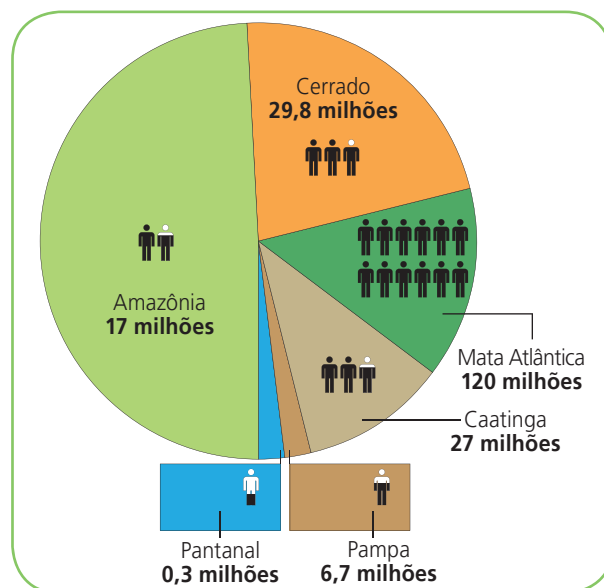
6. Esta atividade envolve o conceito de adaptação, pois estimula o aluno a estabelecer relações entre as características de uma espécie e o ambiente onde ela vive. Tratando-se de espécies endêmicas, os alunos poderão perceber que a sobrevivência delas está relacionada à preservação do bioma que habitam.

Um exemplo é a perereca *Phyllomedusa nordestina*, endêmica da Caatinga, mostrada na página 85. Estão ativas à noite, quando a umidade do ar é maior. Caminham lentamente entre galhos de árvores, com capacidade de camuflagem, alterando a cor da pele do verde claro ao marrom; durante o dia, ficam imóveis e camufladas. Essa característica reduz a ação dos predadores, como águias e algumas serpentes. Em sua pele, uma secreção antimicrobiana é liberada, protegendo-a de infecções.

A resposta da atividade depende da pesquisa das espécies endêmicas que cada aluno colocar em sua lista. O importante é a correlação já citada entre ser vivo e meio ambiente, observando também a qualidade das fontes de pesquisa consultadas. Sugerimos, nesse sentido, uma conversa ao final da atividade a respeito das fontes que serviram de base para a atividade, quais foram satisfatórias ou não e os motivos.

Trabalhando com gráficos

7. a); b); c) Gráfico: ocupação territorial dos biomas brasileiros (em milhões de pessoas).

Cerrado
29,8 milhões
Amazônia
17 milhões
Mata Atlântica
120 milhões
Caatinga
27 milhões
Pantanal
0,3 milhões
Pampa
6,7 milhões

Eduardo Borges/Arquivo da editora

Ciência, Tecnologia e Sociedade

9. Esta atividade pode envolver as disciplinas de Arte, Língua Portuguesa e História. Dependendo do planejamento e do interesse dos alunos, a pesquisa pode enfocar o bioma ou ecossistema predominante na região onde fica a escola, como forma de se aprofundar no conhecimento da própria comunidade, ou ser uma pesquisa envolvendo os biomas brasileiros, conforme proposto no enunciado.

A respeito das comunidades tradicionais da região, líderes comunitários ou grupos folclóricos podem ser convidados para uma conversa com os alunos.

A obra de Luís da Câmara Cascudo (1898-1986) é um bom referencial para pesquisa sobre o folclore de nosso país. Como exemplo, o livro *Geografia dos mitos brasileiros* traz o registro de diversos personagens míticos e lendas do folclore, organizados por regiões do Brasil.

Saiba mais:
CASCUDO, L. C. *Geografia dos mitos brasileiros*. 3. ed. São Paulo: Global, 2002.

CAPÍTULO 5

Relações entre os seres vivos

Comentários gerais

O capítulo aborda fundamentos de ecologia das populações: densidade populacional, estrutura etária, potencial biótico e fatores que regulam o tamanho de uma população. Nesta parte do capítulo, os alunos poderão perceber a importância da Matemática como ferramenta de análise em Ecologia.

O capítulo aborda também as interações ecológicas, classificando-as como intraespecíficas ou interespecíficas, como harmônicas ou desarmônicas. O texto ressalta aos alunos que o termo "desarmônica" se aplica à relação entre os indivíduos, mas não ao resultado para a população. Os alunos devem compreender que as relações entre os seres vivos respondem pelo equilíbrio e pela complexidade de um ecossistema.

A partir dessa percepção, os alunos podem compreender que a sobrevivência de uma população está relacionada à de outras, e isso é verdadeiro também para a espécie humana. Essa compreensão pode despertar e desenvolver sentimentos de respeito à vida.

Reflexões sobre o ensino de Biologia

Página 120

O ensino das relações ecológicas

Buscar atualização e reflexões em artigos, publicados em revistas e anais de congressos, é uma forma importante de avaliar a nossa prática em sala de aula e testar novas metodologias e abordagens, saindo da "zona de conforto". Embora as condições em que são realizadas pesquisas em sala de aula não sejam as mesmas enfrentadas cotidianamente pelos professores, elas são um referencial para repensarmos os objetivos do ensino, em um movimento fundamental ao educador.

Nesse sentido, há artigos que relatam a aplicação de atividades. Destacaremos aqui um exemplo, com o tema das relações ecológicas. Os autores relatam um conjunto de atividades com alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola rural no Rio de Janeiro, e os resultados observados em sua aplicação.

Após a aplicação de um questionário para verificar os conhecimentos dos alunos, a primeira atividade consistiu na construção de um mapa da escola e seus arredores. Nessa atividade, os pesquisadores perceberam que os alunos não representaram, no mapa, toda a vegetação e o riacho que corre nos fundos do terreno da escola. Este dado é muito interessante e mostra como as aulas de Biologia podem contribuir para desenvolver um olhar mais atencioso e analítico para o ambiente que nos cerca.

Em uma segunda etapa, foram propostas diversas brincadeiras que permitiam estabelecer analogias com diferentes relações ecológicas. Veja o exemplo da brincadeira relacionada ao parasitismo:

> O grupo escolhido como parasitado carregaria um objeto de certo peso (uma mochila com alguns cadernos), que foi dado a um membro do grupo, enquanto os outros foram organizados em fila. O estudante que carregava a mochila com os cadernos foi orientado a correr uma distância de 20 metros, voltar e entregar a mochila para o próximo indivíduo do grupo até que todos tivessem percorrido o trajeto. O outro grupo, sem o peso extra, fez o mesmo percurso. O objetivo deste jogo foi explicar que uma espécie com membros parasitados gastaria mais energia para desempenhar a mesma tarefa, o que permitiu analisar a relação do parasita e seu hospedeiro. Ao final, foi trabalhado o conceito de seleção natural.
>
> Como o grupo "parasitado" quase ganhou a brincadeira, o questionamento do "e se tivéssemos ganhado" surgiu. Foi trabalhado então que o indivíduo parasitado não está necessariamente fadado a perder na competição com outras espécies, mas o gasto de energia entre os animais parasitados revela-se bem maior do que os não parasitados (SOUZA; LIMA-TAVARES, 2014).

Observe que interessante o fato de o resultado da brincadeira servir como ponto de partida para uma análise crítica. Além disso, o aspecto lúdico gera descontração e motivação para aprender.

Adaptado de:
SOUZA, D. P.; LIMA-TAVARES, D. Compreendendo as relações ecológicas pelo olhar dos estudantes do ensino médio de uma escola de Seropédica – RJ. *Revista da SBEnBio*, n. 7, out. 2014. Disponível em: <http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/11/R0590-2.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2016.

Sugestões de atividades complementares

Página 112

Jornal ecológico

A proposta é criar um jornal escolar que trate de temas de ecologia, contendo matérias informativas regionais, do Brasil e do mundo. Essa atividade pode se tornar um projeto de trabalho interdisciplinar se for planejada e conduzida em conjunto com os professores de Língua Portuguesa e Arte. Não se esqueça de que a produção do jornal deve ser coerente com o seu tema: evitar desperdícios e utilizar materiais recicláveis. Os alunos podem optar por organizar um *blog*, a ser divulgado na internet.

Esta atividade pode ser realizada ao longo do ano letivo, de modo que mesmo estudando outros temas da Biologia, os alunos tenham sempre contato com as questões ambientais e a oportunidade de usar seus conhecimentos para analisá-las criticamente.

Página 129

Organizar uma campanha de conservação ambiental utilizando uma espécie símbolo

Campanhas para "salvar" animais da ameaça de extinção são comuns e algumas são bem-sucedidas. No entanto, são poucos os animais escolhidos para campanhas; a maioria é de mamíferos, que possuem um grande apelo entre as pessoas. Certamente existem espécies de animais ainda desconhecidas pelo ser humano e outras que já foram extintas em razão da destruição de seu *habitat*. O mesmo ocorre com plantas, fungos e micro-organismos.

Por que preservar a biodiversidade? Quando uma espécie é considerada ameaçada de extinção, isso significa que não apenas o número de indivíduos está reduzido, como também a variabilidade genética da população. Com poucos indivíduos, o conjunto gênico da população fica restrito à informação genética carregada pelos indivíduos. A sobrevivência da espécie se torna ameaçada, pois, se ocorrerem pressões de seleção natural, a baixa variabilidade genética pode resultar na sua extinção.

Todos os ecossistemas brasileiros, que abrigam enorme biodiversidade e ainda pouco conhecida pela Ciência, estão ameaçados. A situação não é grave apenas nas florestas tropicais, mas também na caatinga, no cerrado e nos manguezais. Como o ecossistema apresenta interações complexas, a perda de uma espécie pode tornar a comunidade instável e gerar desequilíbrios maiores, em um efeito "bola de neve".

Além das questões éticas envolvidas na destruição de espécies de seres vivos que estão no planeta há milhões de anos, ao se promover a extinção de espécies selvagens – inclusive as desconhecidas – pode-se estar perdendo fontes de novos conhecimentos na medicina, na nutrição humana e nos processos industriais, que poderiam ser aplicados em benefício do próprio ser humano.

Converse com os alunos a respeito dos comentários anteriores. Eles podem analisar campanhas bem-sucedidas do Brasil e do mundo, que utilizem uma espécie como bandeira do programa de conservação.

Em seguida, em equipes, os alunos podem descobrir se existem espécies pouco conhecidas das pessoas em geral que estejam ameaçadas – de preferência, uma espécie que ocorra na região. As equipes podem organizar cartazes, *slogans* e até comerciais de TV para divulgar a causa. Eles devem perceber a dificuldade de chamar a atenção do público em geral para espécies pouco conhecidas, ou até que comumente causem reações de medo ou nojo. No entanto, todos os seres vivos participam do equilíbrio do ecossistema.

Temas abordados: comentários e aprofundamentos

Página 114

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

Consequências do crescimento populacional humano

Para as questões propostas, não há respostas prontas ou simples. São questões complexas e, por isso, sugerimos que a atividade seja interdisciplinar, envolvendo a disciplina de Geografia.

Para todos os temas citados, o planejamento familiar é uma estratégia importante no controle do crescimento da população humana. Ele se relaciona às condições socioeconômicas das populações, pois está comprovado que em países desenvolvidos é feito esse planejamento, resultando em estabilidade ou até declínio populacional. A realidade é diferente em regiões pobres, nas quais é preciso, antes de tudo, oferecer às pessoas as condições básicas para uma vida digna, com acesso a alimentos, educação e saúde.

Vamos a alguns subsídios a respeito das questões.

• Alimentação: como reduzir a escassez de alimentos

Segundo a FAO-ONU (*Food and Agriculture Organization*), em 2014, a estimativa mundial foi de 805 milhões de pessoas em situação de fome e desnutrição. Apesar de os números serem decrescentes nas últimas décadas, as metas de redução da fome e miséria no mundo ainda não foram atingidas e permanecem sendo mais graves em determinadas regiões, como na África subsaariana e no Sudoeste da Ásia.

Mudanças climáticas e crises econômicas atingem diretamente a produção e o comércio de alimentos, afetando os consumidores, que acabam pagando mais caro por alimentos considerados básicos. Esta é, portanto, uma questão global. Um produtor brasileiro que depende de exportações para um país em crise, por exemplo, pode ter seu negócio seriamente ameaçado.

A FAO afirma que as soluções locais devem envolver governantes e organizações não governamentais no planejamento de ações que garantam a segurança alimentar. Este conceito está presente na lei brasileira:

> A segurança alimentar e nutricional consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde, que respeitem a diversidade cultural e que sejam social, econômica e ambientalmente sustentáveis.
>
> BRASIL. Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006. Artigo 3º. Diário Oficial da União de 18 set. 2006, Brasília, DF, p. 4. Disponível em: <http://www4.planalto.gov.br/consea/conferencia/documentos/lei-de-seguranca-alimentar-e-nutricional>. Acesso em: 21 mar. 2016.

Entre as ações importantes para garantir a alimentação da crescente população humana, está o combate ao desperdício, em todas as etapas da cadeia produtiva. Em relatório da FAO de 2013, afirma-se que cerca de 1,3 bilhão de alimentos não são aproveitados, anualmente, no mundo. Esse desperdício equivale a um terço da produção anual de alimentos e gera um prejuízo de 750 bilhões de dólares, sem contar os impactos ambientais causados pela produção de tantos alimentos.

• Acesso à água: o que fazer para garantir o abastecimento

O acesso à água é desigual no mundo, com regiões onde as pessoas têm acesso a uma quantidade insuficiente para a saúde. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que essa quantidade mínima seja de 50 litros por dia, por pessoa, considerando a água para beber e cozinhar, para o banho e a higiene. Na região africana subsaariana, esse valor é de, no máximo, 20 litros por pessoa.

No Brasil, o consumo diário médio de água por pessoa é de 187 litros, mas existem grandes desigualdades regionais. A execução de políticas que garantam o acesso à água tratada em regiões semiáridas é fundamental, assim como o combate ao desperdício em locais onde não há escassez.

A questão do abastecimento envolve não apenas a quantidade, mas também a qualidade da água oferecida à população. Estações de tratamento são necessárias para garantir água tratada a todos os cidadãos. A água contaminada ou contendo micro-organismos é o principal veículo de transmissão de graves doenças.

Um grande desafio para garantir esse abastecimento é combater e prevenir a degradação dos mananciais, que são os reservatórios de onde se obtêm esse recurso. As nascentes de rios também precisam ser preservadas, combatendo-se a retirada de matas ciliares e impedindo o lançamento de resíduos e esgoto sem tratamento em suas águas.

• Saúde pública: como controlar epidemias e pandemias

Em um mundo globalizado e conectado pelas viagens, uma doença pode rapidamente se alastrar e afetar diferentes populações, em vários países. A epidemia é definida pelo número elevado de casos de uma doença infecciosa em uma população, em intervalos relativamente curtos de tempo. A pandemia é definida pela amplitude espacial, quando diversos países ou regiões do mundo são afetados por uma epidemia.

A cooperação entre centros de pesquisa ao redor do mundo é fundamental para que os estudos científicos elucidem as questões biológicas referentes a uma epidemia: quem é o organismo causador, quais são as formas de transmissão e de prevenção.

Os estudos em saúde pública permitem verificar quais são as condições que levam ao surgimento de uma epidemia e de uma pandemia, com a possibilidade de, por meio de simulações estatísticas, prever quando esses eventos podem ocorrer e os possíveis cenários.

As ações nessa área devem, portanto, envolver governos das regiões afetadas, sejam estados de um país ou vários países.

• Resíduos: o que fazer com o crescente descarte de resíduos e esgoto

O consumo consciente é apontado por especialistas como a forma de reduzir o descarte de resíduos. Por meio de ações educativas, as pessoas podem rever seus hábitos de consumo, questionando a compra de produtos supérfluos ou aqueles cuja produção causa grande impacto ambiental. Por que comprar verduras embaladas em bandejas e filme plásticos? Esse é um exemplo

de questionamento que, por meio da informação a respeito dos impactos ambientais da produção de plásticos, pode levar o consumidor a mudar sua atitude – neste caso, levando uma sacola durável às compras e evitando adquirir produtos com embalagens desnecessárias.

O consumo consciente precisa estar atrelado a uma rede eficiente de coleta seletiva dos resíduos e encaminhamento para reciclagem, além do combate ao desperdício e a prática da reutilização.

O esgoto precisa ser tratado, nas estações de tratamento. Ali o lixo é separado e processos químicos são usados para retirar partículas e contaminantes da água, que então pode ser despejada em corpos d'água sem ameaçar os ecossistemas aquáticos.

Fontes:
FAO.*The state of food insecurity in the world*.2014. Disponível em: <https://www.fao.org.br/download/SOFI_i.pdf>.

ONU. *O direito à água e saneamento*. Disponível em: < http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf>.

ONU-Brasil. *Desperdício de alimentos custa ao mundo 750 bilhões de dólares, alerta novo relatório da FAO*. 11 set. 2013. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/desperdicio-de-alimentos-custa-ao-mundo-750-bilhoes-de-dolares-alerta-novo-relatorio-da-fao/>.

Acessos em: 18 abr. 2016

Página 117

ATIVIDADE PRÁTICA

Estimando o tamanho de uma população

Um método possível para estimar o número total de plantas em uma área é dividi-la em quadrados iguais, escolher alguns quadrados aleatoriamente para contar o número de plantas e calcular a média de indivíduos. Em posse dessa média, pode-se multiplicá-la pelo número total de quadrados. Outro método seria delimitar alguns quadrados com um área *x*, escolhidos aleatoriamente numa área, contar o número de indivíduos em cada um deles e calcular a média. Se o quadrado tiver 1/10 da área total, por exemplo, multiplica-se a média por 10. Ambos os métodos são estimativas de número total de indivíduos na área, e é importante que você discuta com os alunos que os valores obtidos podem diferir dos valores reais, havendo variações, as chamadas margens de erros ou desvios. Essas estimativas se prestam ao trabalho necessário para estudar uma área extensa.

Página 123

Paguro

O paguro, também conhecido como bernardo-eremita e ermitão, é um crustáceo decápode, classificado no que para muitos biólogos pertence ao táxon Anomura – grupo-irmão de Brachyura, ao qual pertencem o caranguejo e o siri.

Das mais de 1000 espécies que existem, 40 são brasileiras.

A maior parte dos paguros tem abdômen alongado e em espiral, sendo esta a parte mole do corpo. Entre seus predadores estão peixes, caranguejos e moluscos cefalópodes.

AGE Fotostock/Keystock

Um paguro abrigado em um pote de vidro. Seu abdômen é mole e espiralado.

Página 127

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

É possível montar um comedouro para pássaros com uma garrafa PET limpa e colheres de pau. Faça as aberturas na garrafa usando uma tesoura; não permita que os alunos manipulem objetos cortantes. A garrafa deve ser preenchida com sementes pequenas, como alpiste e semente de girassol. O comedouro deve ser pendurado em uma árvore ou em um arbusto, utilizando-se um barbante.

Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

Outra possibilidade é utilizar uma caixa de leite limpa, recortando nela uma abertura por onde os passarinhos podem chegar às sementes.

Dependendo da diversidade de pássaros mais comuns na região, a atividade pode oferecer melhores resultados colocando-se frutas à disposição das aves.

O comedouro deve ser retirado do local após a atividade para evitar que as sementes fiquem úmidas e mofadas, gerando riscos à saúde das aves e de outros animais que possam delas se alimentar.

Páginas 128 e 129

ATIVIDADE PRÁTICA

Teste para verificar a interação ecológica entre duas espécies de plantas

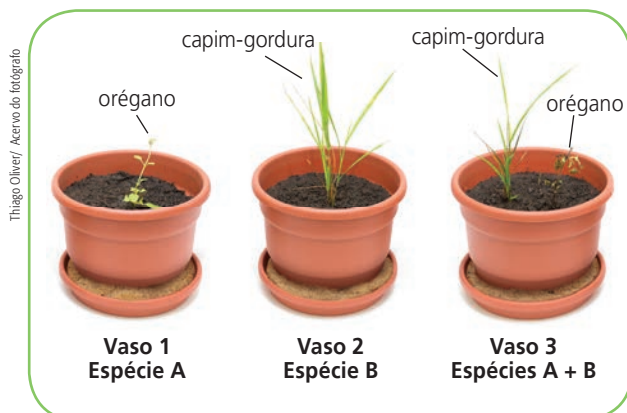
Material necessário

Como espécies competidoras, recomendamos utilizar uma erva como o orégano ou a lavanda, junto a uma espécie de proliferação mais agressiva, por exemplo:

- amendoim-forrageiro (*Arachis*): herbácea rasteira, alcançando 40 cm de altura e raiz pivotante com até 30 cm de comprimento;
- capim-gordura (*Melinis minutiflora*): gramínea de origem africana que pode atingir 1 m de altura. É uma espécie exótica invasora, uma das principais ameaças à diversidade de plantas no Cerrado. Reproduz-se intensamente e recobre vastas áreas, impedindo o desenvolvimento de outras plantas.

Resultado esperado

A espécie mais frágil pode apresentar menor crescimento ou até morrer, enquanto a outra espécie, de crescimento mais “agressivo”, permanece viva.

Thiago Oliver/ Acervo do fotógrafo

Vasos montados para a atividade prática, 10 dias depois da montagem. No vaso 3, o capim-gordura permaneceu vivo e a planta de orégano estava ressecada, definhando. Nos outros vasos, em que as plantas estavam isoladas, houve crescimento e as duas estavam vivas.

Qualquer resultado obtido pelas equipes é válido, mesmo que não seja o esperado. Neste caso, há uma oportunidade de discussão a respeito de qual seria a explicação para o observado. As condições de rega e luminosidade foram as mesmas para todas as plantas? Houve algum imprevisto durante o teste? As sementes de uma mesma espécie são todas idênticas? A partir de questões como essas, os alunos poderão analisar os resultados, nos moldes do pensamento científico.

Interpretando os resultados

a. Oriente os alunos a perceberem cor, formato e dimensões das plantas. Espera-se que as plantas cultivadas no mesmo vaso apresentem um desenvolvimento diferente em relação ao cultivo em vasos distintos. Assim, ou as duas terão seu desenvolvimento prejudicado, ou somente uma delas sofrerá prejuízos. Se os alunos desejarem, podem realizar registros utilizando máquina fotográfica.

b. A interação ecológica que pode se estabelecer é a competição interespecífica.

c. Resposta pessoal.

d. Nesse caso, os resultados observados poderiam diferir, já que diversos fatores, bióticos e abióticos, podem interferir no desenvolvimento das plantas, como a disponibilidade hídrica, a luminosidade, o suprimento de nutrientes pelo solo e a herbivoria. No procedimento experimental realizado, os fatores são controlados.

e. Resposta pessoal. Se os alunos investigarem, por exemplo, a disponibilidade hídrica, é importante que realizem medições de volume de água fornecida às plantas, além de considerarem a frequência de regas. Oriente-os a não fornecer água em excesso, o qual poderá escapar pela parte inferior dos vasos. Ressalte a importância do planejamento da atividade, enfatizando que é preciso elaborar o questionamento, o qual deve ser escrito na forma de objetivo do grupo. O questionamento deve estar relacionado a uma hipótese inicial, e o teste escolhido precisa dirigir-se diretamente a ela. Ao relatarem os resultados para as outras equipes, na forma de um seminário, é importante que os alunos avaliem as dificuldades enfrentadas ao longo da realização da atividade.

Indo além

Resposta pessoal. Uma possibilidade seria acompanhar o desenvolvimento das populações de capim-gordura e de uma determinada espécie nativa ao longo de um tempo. Nesse caso, seria essencial delimitar, ao acaso, espaços amostrais na região onde ocorrem as espécies, contando o número de indivíduos em cada amostra.

A carta pode recorrer aos dados obtidos nas atividades experimentais. A fim de que os alunos possam se envolver com o tema, incentive-os a expressarem-se com diversas linguagens. Essa diversidade de linguagens poderá também sensibilizar as pessoas. Além disso, a atividade pode ter caráter interdisciplinar, sendo conduzida em conjunto com a área de Língua Portuguesa.

Página 132

LEITURA

2- Castanha-do-pará: mistérios resolvidos pelo estudo das interações ecológicas

A interação entre plantas e animais polinizadores é um caso de mutualismo ou protocooperação?

A protocooperação é conhecida também como mutualismo facultativo, já que as espécies relacionadas, embora obtenham benefícios com a interação, podem viver sozinhas.

Em muitas interações ecológicas, não é fácil diferenciar casos de protocooperação e de mutualismo. É o que acontece com a relação entre a castanheira-do-pará e as espécies de abelhas polinizadoras. Ainda não ficou esclarecido até que ponto as abelhas dependem das castanheiras para sobreviver. Caso a interação seja essencial para a sobrevivência de ambas as espécies, então provavelmente se trata de mutualismo.

Respostas às atividades

Revendo e aplicando conceitos

6. c) Nas sociedades, há divisão de tarefas entre os indivíduos. Geralmente, há uma rainha, que produz todos os descendentes da população, os operários, que realizam atividades como obtenção de alimento, construção da estrutura (colmeia, formigueiro, cupinzeiro) e cuidado com os ovos e larvas, e os soldados, responsáveis pela defesa.

Na sociedade dos cupins, há um rei, o macho responsável pela reprodução, junto com a rainha. Na sociedade das abelhas e vespas, há zangões, machos que fecundam os óvulos liberados pela rainha. Entretanto, há exceções a esse padrão. É possível haver indivíduos reprodutores que se desenvolvem a partir de ninfas com órgãos sexuais maduros. Eles podem substituir rei e rainha quando estes morrem.

Trabalhando com gráficos

8. Pela análise dos gráficos, observa-se que as populações **A** e **B** apresentam um crescimento mais expressivo em II, quando estão compartilhando o mesmo ambiente. Isso significa que nesse caso a relação é interespecífica harmônica, trazendo benefícios para ambos os organismos. Como a relação não é obrigatória (pois eles sobrevivem quando isolados, como mostra o gráfico I), trata-se de um caso de protocooperação. Um exemplo de protocooperação é o da anêmona-do-mar e do paguro.

9. Gráfico:

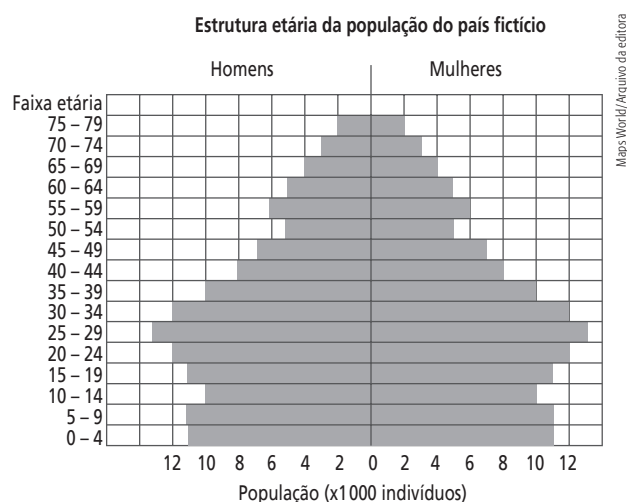
Estrutura etária da população do país fictício

Homens | Mulheres

Faixa etária: 75 – 79, 70 – 74, 65 – 69, 60 – 64, 55 – 59, 50 – 54, 45 – 49, 40 – 44, 35 – 39, 30 – 34, 25 – 29, 20 – 24, 15 – 19, 10 – 14, 5 – 9, 0 – 4

12 10 8 6 4 2 0 2 4 6 8 10 12

População (x1 000 indivíduos)

Maps World/Arquivo da editora

Para a construção da pirâmide etária, deve-se utilizar papel milimetrado ou quadriculado. Os valores da tabela devem ser divididos por dois, pois estamos considerando que, para cada faixa etária, 50% da população é de homens e 50% de mulheres. Marca-se o zero no eixo horizontal e, a partir desse ponto, marcar os valores de referência à direita e à esquerda. Como o número máximo de indivíduos em uma faixa etária é de 26 000, sabemos que a largura máxima da pirâmide será correspondente a 13 000 indivíduos do lado direito e 13 000 do lado esquerdo do gráfico. No caso desta pirâmide, utilizou-se uma escala para o eixo horizontal que apresenta 2 000 indivíduos por unidade, mas os alunos podem utilizar outras escalas para esse eixo.

Ciência, Tecnologia e Sociedade

10. c) Os alunos podem citar a predação (ao comerem carnes), o parasitismo (quando servem de hospedeiro a algum parasita), a competição (o fato de estarem em contato com outros seres vivos numa área faz com que haja competição por recursos, como água, por exemplo), o mutualismo (bactérias que vivem no intestino delgado) e o comensalismo (ao gerar restos de alimentos que são comidos por outros animais).

UNIDADE 2

Origem da vida e Biologia celular

Objetivos gerais da unidade

O grande tema desta unidade é a célula. Compreender a estrutura e as funções celulares permite ampliar o entendimento do que é vida.

Mas como surgiram as primeiras células, ou seja, os primeiros seres vivos? Iniciamos a unidade 2 com o estudo da origem da vida, e, para tal, é importante compreender as hipóteses científicas que explicam a formação do Universo, do Sistema Solar e da Terra. Nesse sentido, é possível discutir o que representam as hipóteses em uma investigação científica.

Com essa abordagem, os alunos poderão relacionar as condições presentes em nosso planeta que possibilitaram a origem da vida. A discussão sobre como teriam surgido os primeiros seres vivos possibilita aos alunos o reconhecimento da célula como unidade fundamental no fenômeno da vida.

Posteriormente, a unidade propõe o estudo das principais características e funções das células. Ao discutir o processo de divisão celular, os alunos poderão estabelecer relações com a reprodução dos seres vivos e o crescimento dos organismos multicelulares.

Tanto na discussão de eventos que ocorreram há bilhões de anos, como no estudo de processos ou fenômenos que ocorrem nas células, os alunos terão várias oportunidades de desenvolver aprendizagens em relação à interpretação de textos, ilustrações, gráficos e modelos.

Abertura da unidade

Esta unidade apresenta em sua abertura a imagem de células vegetais em diferentes estágios do ciclo celular, observadas ao microscópio de luz. Essas células pertencem à extremidade da raiz de cebola (*Allium cepa*), região em que existem células indiferenciadas (meristemáticas), com grande capacidade de divisão, responsáveis pelo crescimento da raiz.

Uma pergunta interessante para se fazer aos alunos é: como podemos afirmar que a fotografia mostra células eucarióticas vegetais? O núcleo individualizado, observado em diversas células da imagem, indica tratar-se de células eucarióticas; o formato definido dos espessos contornos de cada célula é decorrente das rígidas paredes celulares típicas das células vegetais.

Outra sugestão para motivar os alunos e gerar questionamentos é levar para a sala de aula um bulbo de cebola com raízes crescidas. Cerca de uma semana

antes da aula, coloque a cebola sobre um pote com água, de modo que a água fique em contato com a região basal, de onde vão crescer finas raízes. Mostrando as raízes da cebola aos alunos, pergunte: como as células da raiz são visíveis, ao microscópio? A partir da questão, os alunos poderão se lembrar da estrutura do microscópio óptico, com lentes de aumento. A resposta envolve também a necessidade de preparar o material biológico para observação – neste caso, o corte de finas amostras da raiz e a aplicação de corantes que destacam o que se deseja ver. A imagem mostrada é de células tratadas com os corantes hematoxilina e eosina, que destacam, pela cor mais intensa, o núcleo.

As estruturas fortemente coradas, semelhantes a fios, são os cromossomos, mais evidentes nas células que estão em metáfase e em anáfase. Se você perguntar aos alunos o que estaria ocorrendo com as células de raiz, poderá levantar conhecimentos prévios que eles possuem a respeito do processo de divisão celular.

A abertura também traz algumas questões que serão abordadas ao longo dos capítulos desta unidade. Você pode utilizá-las para levantar mais conhecimentos prévios dos alunos, e, por outro lado, para despertar seu interesse pelos temas a serem estudados. As questões poderão ser retomadas ao longo ou ao final da unidade, a fim de avaliar a aprendizagem dos alunos.

CAPÍTULO 6

Origem da vida

Comentários gerais

O capítulo apresenta, em linhas gerais, as teorias da origem do Universo (*Big Bang*) e da formação do Sistema Solar e do planeta Terra. É importante salientar que essas teorias são as mais aceitas atualmente, o que não significa que são imutáveis e permanentes; a comunidade científica prossegue nas discussões a respeito do Universo e sua formação, buscando ferramentas e modelos que respondam às diversas questões ainda não respondidas pelas teorias atuais.

Também são apresentadas hipóteses a respeito da origem dos seres vivos na Terra. A discussão deste tópico se torna enriquecida retomando a histórica discussão entre os defensores da geração espontânea e os da biogênese.

Não deixe de discutir com os alunos acerca das leituras complementares ao final deste capítulo. Na seção *Vamos criticar o que estudamos?* (p. 147 do livro), apresentamos a hipótese autotrófica sobre a origem da vida, que vem ganhando adeptos entre os cientistas. Na seção *Leitura* (p. 148 do livro), o texto apresenta hipóteses sobre a origem da água líquida na Terra, fator essencial no surgimento e na evolução dos seres vivos.

Essa discussão é fundamental para que os alunos reconheçam que a Biologia está inserida em um contexto histórico e percebam como o conhecimento científico é construído a partir de evidências. Quando novas evidências surgem, novas hipóteses são formuladas. A diferença entre hipótese e teoria é discutida na seção *Vamos criticar o que estudamos?*.

O planejamento das aulas sobre o tema abordado neste capítulo pode ser feito conjuntamente com os professores de Física, que podem orientar os alunos em discussões mais aprofundadas. Nesse sentido, citamos a seguir o trecho de um interessante artigo:

> Agora nos voltamos para a biologia, um campo que tem começado a atrair o interesse de muitos físicos da matéria condensada mole. Hoje há uma enorme e maravilhosa quantidade de dados no mundo da biologia, sendo um dos exemplos o genoma humano. Somos capazes de entender a vida com base em todos esses dados? Há uma teoria da biologia ou a vida é meramente um acidente histórico? Esta parece ser uma pergunta muito difícil. Os físicos teóricos são muito bons na compreensão de sistemas complexos; porém, os sistemas biológicos são diferentes dos sistemas de matéria condensada. Há como os físicos ajudarem? É necessária uma nova matemática para descrever a biologia, não apenas a matemática que foi desenvolvida para calcular e descrever os fenômenos físicos? Uma possível razão para tal é que, em biologia, temos que lidar com a dinâmica sobre muitas escalas de tempo de alcance amplo. Há mudanças importantes que estão acontecendo a cada instante em nossos neurônios e em nosso genoma em escalas de nanossegundos ou menos. Com o passar do tempo, isso pode afetar a vida em longos períodos. Os físicos ainda não tiveram que lidar com esse tipo de problema, e presumivelmente serão necessários novos métodos, talvez até mesmo uma nova matemática.
>
> GROSS, D. O futuro da Física. *Revista USP*, n.76, São Paulo, dezembro/fevereiro 2007-2008, p. 96-109.

Reflexões sobre o ensino de Biologia

Página 138

Ciência e Religião

Os temas origem da vida e evolução biológica são muitas vezes carregados de diversas crenças de cunho religioso, o que pode gerar discordâncias e resistências nos processos de ensino e aprendizagem. Com o devido respeito às crenças de toda pessoa, entendemos que os alunos precisam compreender que a Ciência e a Religião apresentam naturezas distintas.

O pensamento científico fundamenta-se em observações e está aberto a contestações, e esse caráter dialógico é essencial para o próprio desenvolvimento dos conhecimentos científicos. A Ciência apresenta um caráter de constante reformulação de ideias.

Para discutir origem e evolução da vida, sugerimos que você reflita sobre a ideia de *perfil conceitual*. Diferente da mudança conceitual, o perfil conceitual admite que uma pessoa possa apresentar ideias de naturezas diversas para explicar uma dada questão, sendo capaz de conciliá-las. Nesse sentido, tratando-se do contexto da Biologia, o ensino baseado no perfil conceitual investiria em levar os alunos a compreender a lógica científica. Sugerimos a seguir alguns trabalhos que podem o(a) auxiliar a pensar nessas questões:

- MORTIMER, E. Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos? Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N1/2artigo.htm>. Acesso em: 11 mar. 2016.
- PORTO, P. R. A.; FALCÃO, E. B. M. Teorias da origem e evolução da vida: dilemas e desafios no Ensino Médio. *Revista Ensaio*, v. 12, n. 3, p. 13-30, Belo Horizonte, 2010.

Sugestões de atividades complementares

Página 143

Pesquisa biográfica: cientistas

A sugestão é que os alunos, organizados em duplas ou trios, pesquisem dados biográficos de um dos cientistas citados no capítulo: Francesco Redi, Louis Pasteur, Alexander Ivanovich Oparin e Jonh Burdon Sanderson Haldane. Para aprofundar o tema, os alunos também podem pesquisar a biografia de:

- Georgi Antonóvich Gamo, um dos astrofísicos que formularam a hipótese da origem do universo a partir da grande explosão, nomeando-a *Big Bang*;
- John Needham, defensor da abiogênese e da "força vital" que poderia explicar a origem espontânea de seres vivos;
- Lazzaro Spallanzani, que contestou os resultados obtidos por Needham;
- Stanley Miller, que testou experimentalmente a hipótese da evolução gradual dos sistemas químicos, obtendo resultados que corroboraram a hipótese.

Solicite aos alunos que complementem a pesquisa biográfica com a montagem de uma linha do tempo da história da Ciência, indicando as épocas em que hipóteses acerca da origem da vida foram formuladas. Veja o modelo a seguir.

Ano	Cientista	Descrição
1668	F. Redi	Escreveu o livro "Experimentos sobre a geração de insetos" contendo estudos evidenciando que insetos nascem a partir de ovos, e não por geração espontânea.
1745	J. Needham	Defendia a teoria da abiogênese por meio de uma "força vital". Com a metodologia usada por ele não ferver por muito tempo o caldo nutritivo e não isolar o meio adequadamente – os resultados pareciam confirmar a ideia de que um "princípio ativo" era o responsável pela geração espontânea.
1776	L. Spallanzani	Realizou experimentos que indicaram que seres microscópios estariam presentes no ar e que poderiam ser eliminados por fervura, em tempo adequado.
1860	L. Pasteur	Deu sequência aos estudos de Spallanzani com o caldo nutritivo, desenvolvendo-os no balão "pescoço de cisne". A descrição do experimento está na página 144.
1924	A. Oparin	Formulou a hipótese do surgimento dos coacervatos nos mares primitivos conhecida como "hipótese da evolução gradual dos sistemas químicos". A descrição da hipótese está na página 145.
1930	J. Haldane	Aperfeiçoou o modelo de Oparin defendendo que moléculas orgânicas nos mares primitivos se tornaram mais complexas, e pela evolução, deram origem aos primeiros organismos vivos.
1945	G. Gamow	Colaborou com a formulação da hipótese do *Big Bang*. Seu interesse em cosmologia o levou a produzir estudos sobre a formação de elementos químicos, das estrelas e galáxias.
1953	S. Miller	Junto a Harold Urey, elaborou experimentos reproduzindo prováveis condições da atmosfera. O resultado foi a formação dos aminoácidos glicina e alanina a partir de compostos inorgânicos.

Página 146

Animação sobre um dos tópicos abordados

Proponha aos alunos que criem uma animação a respeito de um dos temas abordados no capítulo.

Há animações simples de serem produzidas, em que se desenha cada quadro a mão, em sequência, em um pedaço de papel. Ao folhear a pilha de papéis, tem-se a sensação de animação.

A animação do tipo *stop-motion* é muito utilizada para criar animações com massinha de modelar, material que serve para criar os personagens. Maquetes também podem ser utilizadas. Em cada quadro, é preciso fazer pequenas modificações nos elementos e fotografá-los. Ao rodar os quadros em sequência, cria-se o efeito de movimento. Pode-se também criar personagens a partir de recortes de papel.

Independentemente do tipo de animação escolhido, os alunos terão de pesquisar mais elementos sobre o tema selecionado que pode ser: o experimento de Redi, o experimento de Pasteur, o surgimento de coacervatos, a evolução das células.

Hoje em dia, com o uso difundido de telefones celulares com câmeras digitais e programas simples de computadores, tornou-se mais fácil desenvolver este tipo de atividade. Muitas dúvidas podem surgir no momento da elaboração do roteiro e da animação, etapas que podem ser realizadas em sala de aula, sob a sua supervisão. Caso não sejam feitas durante a aula, é essencial acompanhar o desenvolvimento do roteiro e conferir a animação antes do resultado final para verificar se não há erros conceituais.

Temas abordados: comentários e aprofundamentos

Página 144

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

Pasteur fez importantes trabalhos a respeito da fermentação das leveduras, da vacina antirrábica e da biogênese. Veja como subsídio o texto a seguir:

> Pasteur já se destacava por seus trabalhos quando foi incumbido de examinar o porquê da contaminação do álcool durante o processo de fermentação. Foi assim que demonstrou que cada tipo de fermentação está relacionado com a existência de um micro-organismo ou fermento específico, um ser vivo que poderia ser estudado [...] em um meio de cultura apropriado.
>
> "A fermentação é uma consequência da vida sem oxigênio" foi uma afirmação de Pasteur, durante seus trabalhos em que descobriu que seres vivos podem viver por processos anaeróbicos, onde não necessitam de oxigênio para sobreviver, e por este caminho, estudando os germes, descobriu a causa de muitas infecções. [...] O próprio Pasteur se engajou em uma campanha para que os médicos dos hospitais militares fervessem seus instrumentos e bandagens que seriam utilizados em procedimentos cirúrgicos.
>
> Mais de uma vez Pasteur foi solicitado para investigar as "doenças" que atacavam os vinhos e que estavam causando enormes prejuízos aos fabricantes. Fruto destes estudos, ele sugere que, para combater este problema causado por micro-organismos, o vinho deveria ser aquecido a 55 °C por alguns minutos para destruir estes micro-organismos. Este processo foi também aplicado na cerveja e no leite e denominado pasteurização em sua homenagem, processo este utilizado até hoje e que se propagou pelo mundo todo.
>
> Em 1865, Pasteur iniciou um estudo sobre a doença do bicho-da-seda que estava dando prejuízos aos fabricantes de seda na França. Neste estudo ele descobriu o agente infeccioso e também a maneira como este agente era transmitido e inclusive como prevenir. [...]
>
> Cada vez mais engajado em pesquisas de doenças infecciosas, entre 1877 e 1887 Pasteur descobriu três bactérias responsáveis por doenças nos homens: estafilococos, estreptococos e pneumococos.
>
> Pasteur descobriu que formas fracas de micróbios poderiam ser usadas como agente imunizante contra uma forma mais virulenta deste micróbio, o que resultou nas técnicas de vacinação como forma de prevenção de doenças. Outra contribuição muito importante dada por Pasteur foi a descoberta do agente transmissor da raiva que na época não podia ser visto no microscópio [...].
>
> Em março de 1886, Pasteur apresentou os resultados para o tratamento da raiva na Academia de Ciências Francesa e foi então convidado a criar um centro para produção de vacina antirrábica. Foi construído o Instituto Pasteur, idealizado para ser um centro de tratamento da raiva, de doenças infecciosas e educação.
>
> ARROIO, A. Louis Pasteur: um cientista humanista. *Revista Eletrônica de Ciências*, n. 31, fev. 2006. São Carlos: CDCC-USP. Disponível em: <http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_31/EraUmaVez.html>. Acesso em: 21 mar. 2016.

Página 147

Vamos criticar o que estudamos?

Hipótese autotrófica da evolução do metabolismo

Apresentamos neste capítulo a hipótese da evolução gradual dos sistemas químicos na Terra, segundo a qual as substâncias orgânicas teriam surgido a partir de substâncias inorgânicas e determinadas condições de temperatura e radiação. O que teria acontecido a partir do surgimento da matéria orgânica? A hipótese mais amplamente aceita pela comunidade científica é a heterotrófica, apresentada no livro.

Comentamos também a respeito da hipótese autotrófica da evolução das células, mas existem, ou existiram, outras hipóteses, além dessas duas, que buscam explicar a origem da vida em nosso planeta.

Segundo a hipótese da panspermia cósmica, "esporos de vida" estariam espalhados pelo Universo. Abrigados em corpos celestes como asteroides e cometas, esses esporos conseguiriam chegar a um planeta e, encontrando condições de desenvolvimento, dariam origem à vida. Essa ideia surgiu na Grécia antiga, cerca de 5 séculos antes de Cristo, proposta pelo filósofo Anaxágoras, e foi colocada em evidência no meio científico no século XIX por Hermann von Helmholtz.

Atualmente, essa concepção original da panspermia cósmica está desacreditada pela Ciência, uma vez que não foram encontrados indícios de "esporos de vida" em asteroides, cometas e outros corpos celestes. No entanto, estudos recentes em Astrobiologia têm revelado intrigantes resultados, como uma pesquisa que revelou a presença de nucleotídeos na superfície de um asteroide. Assim, em uma reinterpretação moderna da panspermia cósmica, não é possível desconsiderar a ideia de que matéria orgânica – ou materiais precursores – possam ter chegado à Terra vindos de corpos celestes que colidiram com a superfície de nosso planeta, ainda em formação.

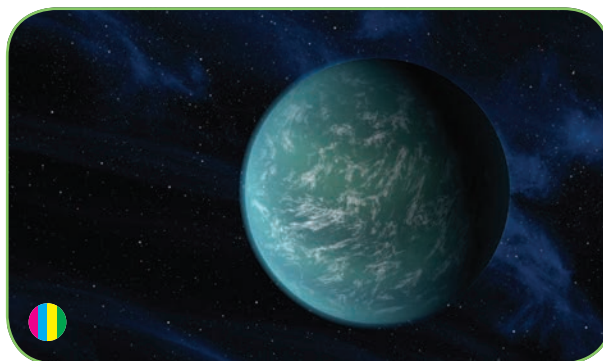
Outra hipótese atribui a minerais argilosos a origem de moléculas capazes de se autorreplicar, que teriam dado origem aos ácidos nucleicos. Os defensores dessa hipótese fundamentam-se na capacidade de replicação de superfícies cristalinas, processo em que certas características dos cristais se perpetuam.

Página 148

Leitura

A Terra e a água

Recentemente, com o uso de sofisticadas técnicas de pesquisa, astrônomos têm descoberto exoplanetas, nome dado aos planetas localizados fora do Sistema Solar. É o caso de Kepler 22-b, o qual tem dimensões 2,4 vezes as da Terra e temperatura média na superfície de 22 °C. Encontra-se a 600 anos-luz de nosso planeta e orbita uma estrela chamada Kepler 22, que tem características semelhantes às do Sol. Segundo alguns astrônomos, esse planeta estaria localizado em uma "zona habitável", ou seja, sua distância e sua órbita em relação à estrela devem permitir condições para a existência de água em estado líquido.

Nasa

Representação artística do planeta Kepler 22-b.

A possibilidade de vida em outros planetas sempre fascinou a humanidade. Durante muito tempo, considerou-se a possibilidade de vida, mesmo que extinta, em Marte, e recentemente uma sonda foi enviada à superfície desse planeta para averiguar, entre outros aspectos, se lá existem indícios de que o planeta já abrigou formas vivas.

Leia o texto a seguir, que toca nessa questão:

Onde estão eles?

As fotos de Marte enviadas pelos robôs *Spirit* e *Opportunity* reavivaram a discussão sobre a possível existência de vida no planeta em tempos remotos. A análise da topografia marciana confirma que Marte já teve muito mais água na sua superfície, na forma de rios e mares. A presença de água é considerada uma condição quase obrigatória para o desenvolvimento e a manutenção da vida. Assim, justifica-se, agora mais do que nunca, a prospecção de fósseis em nosso planeta vizinho.

Já houve alarmes falsos. Um exame microscópico do meteorito marciano ALH84001, encontrado na Antártida em 1984, revelou impressões na rocha que foram julgadas compatíveis com a presença de micro-organismos semelhantes às cianobactérias. Apesar da grande excitação provocada por essa revelação, feita em 1996, alguns cientistas jogaram um balde de água fria nos apologistas da vida extraterrestre quando afirmaram que os supostos registros fósseis poderiam ter se formado através de fenômenos puramente físico-químicos, ou seja, abióticos (sem relação com a vida).

De qualquer modo, em torno desse tema há uma enorme e compreensível curiosidade que atinge igualmente leigos e especialistas. A pergunta "Existe vida extraterrestre?" decorre de nosso desejo natural de compreender o Universo não apenas em seus aspectos puramente físicos.

Para os biólogos, encontrar uma célula marciana e descobrir que ela também possui DNA ou uma bioquímica semelhante à das células da Terra levaria à inevitável conclusão de que a vida tem uma origem comum no nosso Sistema Solar ou em outro. Se, por outro lado, os seres marcianos apresentassem um sistema vivo totalmente diferente, decerto a probabilidade de existência de seres vivos em outros pontos do Universo aumentaria muito, já que não mais teríamos as mesmas restrições que a vida como a conhecemos impõe.

Afora as pesquisas diretas, como as da sonda marciana, a reflexão sobre a vida extraterrestre tem partidários otimistas e pessimistas. O astrônomo norte-americano Carl Sagan (1934-1996) era um otimista. Ele achava que devia haver pelo menos um milhão de civilizações no Universo. Os otimistas usam argumentos probabilísticos. Por exemplo, sabe-se que o Universo é composto de bilhões de galáxias, cada qual contendo bilhões de estrelas. Diante desse número gigantesco, por que um pequeno planeta de uma das estrelas da chamada Via Láctea seria o único a abrigar a vida?

Os pessimistas, ou talvez realistas, como o físico italiano Enrico Fermi (1901-1954), perguntam simplesmente: "se eles existem, onde estão?" Uma das tentativas de responder a Fermi é um programa global denominado Seti (sigla em inglês para Busca por Inteligência Extraterrestre), que lança mão de quantos microcomputadores quiserem participar e que essencialmente permanece na escuta de sinais de rádio que indiquem emissões inteligentes. O mais provável é que a vida – inteligente ou não – exista no Universo, mas que nunca tenhamos contato com ela.

Adaptado de:
RUMJANEK, F. Onde estão eles? *Ciência Hoje*, n. 204, maio de 2004, p. 19.

Professor(a), as revistas e os *sites* de divulgação científica estão regularmente descrevendo descobertas da Astronomia, principalmente relacionadas à Astrobiologia – a possibilidade de vida fora da Terra sempre fascinou a humanidade. Incentive os alunos a usar fontes confiáveis de informação e a manterem-se atualizados. Para sua atualização, recomendamos as seguintes fontes:

- Agência Espacial Norte-americana (Nasa), em inglês: <http://nasawavelength.org>. Nesse *site*, há tópicos especialmente selecionados para estudantes e professores da escola básica.
- Denise's *Blog*: Astronomia (mantido pela astrônoma amadora Denise Selmo): <http://teacherdeniseselmo.wordpress.com>. Leia, por exemplo, o interessante artigo *Como encontrar um exoplaneta*, de 08 de maio de 2011.

Acessos em: 11 mar. 2016.

Respostas às atividades

Revendo e aplicando conceitos

1. b) Embora incorreta, é comum a ideia de que os bolores surgem a partir de matéria em decomposição e da umidade. Se os alunos oferecerem uma explicação desse tipo, estarão de acordo com a teoria da geração espontânea de vida. Para concordar com a teoria da biogênese, os alunos têm de considerar que os fungos se reproduzem e se proliferam por meio de esporos, que podem estar presentes no ar e contaminar o pão, causando o aparecimento do bolor (mofo).

2. c) Esta atividade é importante por esclarecer que mosquitos transmissores de doenças dependem de fontes de água parada para se reproduzir. A presença desses focos nas cidades é um dos principais motivos para a disseminação de dengue, febre amarela e outras doenças transmitidas por mosquitos.

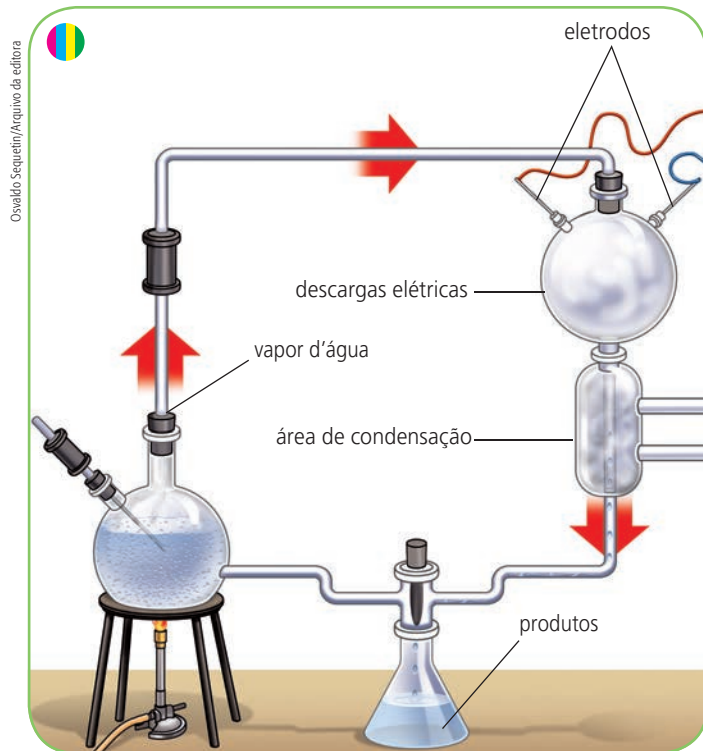
Para não deixar a água se acumular, deve-se evitar o entulho de lixo, deixar recipientes como potes e garrafas em local coberto e com a boca para baixo, colocar areia em pratos que servem de suporte aos vasos de plantas, tampar a caixa-d'água e cobrir com tela a abertura de ralos.

4. Etapas de investigação científica no experimento de Redi:

Etapa	Investigação realizada por Redi
Fato	Moscas sobre a carne apodrecida
Questionamento	Como as moscas surgem na carne apodrecida?
Hipótese	A carne apodrecida atrai moscas, que não surgem espontaneamente.
Teste da hipótese	Montou frascos de vidro contendo pedaços de carne. Um frasco ficou descoberto e o outro coberto com gaze. Apenas no vidro aberto surgiram ovos e larvas de moscas, provenientes de insetos adultos.
Conclusão	Larvas de moscas surgem de ovos colocados na carne por moscas adultas, e não espontaneamente.

6. Miller e Urey publicaram os resultados de um experimento que envolveu um simulador das condições provavelmente presentes na Terra primitiva. Gases metano e hidrogênio, amônia e vapor-d'água foram colocados em um balão de vidro, sofrendo descargas elétricas. Ao sofrer condensação, obteve-se uma solução contendo alguns aminoácidos. O experimento corroborou a hipótese da evolução gradual dos sistemas químicos, pois demonstrou ser possível a síntese de percursores das proteínas nas prováveis condições da Terra primitiva.

Osvaldo Sequetin/Arquivo da editora

eletrodos
descargas elétricas
vapor d'água
área de condensação
produtos

Esquema representando o experimento de Miller e Urey, realizado na década de 1950.

Jim Sugar/Corbis/Latinstock

Stanley Miller, fotografado junto ao equipamento utilizado em seu famoso experimento.

7. Justificativa: como não havia gás oxigênio disponível na atmosfera primitiva, os primeiros seres vivos devem ter sido anaeróbios e provavelmente obtinham energia por fermentação. O aumento de seres fermentadores teria levado à redução da matéria orgânica disponível e ao acúmulo de quantidades cada vez maiores de gás carbônico na atmosfera. Teriam surgido os seres fotossintetizantes, capazes de utilizar luz, água e gás carbônico para sintetizar matéria orgânica. A atividade fotossintética foi responsável pelo surgimento e pelo acúmulo de gás oxigênio na atmosfera terrestre, propiciando a sobrevivência de organismos com condições de aproveitar o oxigênio em seu metabolismo. É importante ressaltar que esses dados correspondem aos argumentos da hipótese heterotrófica sobre a origem da vida.

8. Professor(a), é interessante que a turma esteja organizada de maneira que ao menos um grupo desenvolva um dos temas propostos. Sugerimos as seguintes possibilidades de trabalho interdisciplinar aos grupos, para cada um dos temas:

- O que são fósseis e como eles são utilizados na identificação da idade de uma rocha? Conexão com Geografia: a formação dos fósseis em rochas sedimentares e a comparação na distribuição de fósseis nas camadas rochosas como indicativo de sua idade relativa.
- O que é a escala do tempo geológico? Como essa escala está organizada? Conexão com Geografia: eras e períodos geológicos.
- O que é radioatividade e como ela permite aos cientistas saber a idade de uma rocha? Conexão com Química: datação de rochas e fósseis pelo método do carbono 14. Para compreender o tema, os alunos devem estudar a estrutura dos átomos e o conceito geral de radioatividade.
- O que é a teoria da Tectônica de Placas e quais evidências sustentam essa teoria? Conexão com Geografia: o modelo de organização da crosta terrestre em placas tectônicas.
- Como o vulcanismo fornece evidências do passado do planeta Terra? Conexão com Geografia: composição da crosta terrestre.
- Como os astrônomos calculam a idade aproximada de uma estrela? E de um planeta? Conexão com Física/Astronomia: cálculo da idade de uma estrela com auxílio de telescópios, considerando o brilho da estrela e os elementos químicos que a compõem.

Ciência, Tecnologia e Sociedade

11. Esta atividade permite refletir a respeito da possibilidade de existir vida em outros sistemas do Universo. É muito comum que as pessoas imaginem, quando se fala em vida extraterrestre, em outros seres humanos ou nas representações de alienígenas comuns em livros e filmes de ficção científica. No entanto, o que quer dizer vida? Se organismos semelhantes a procariontes fossem encontrados em algum planeta de outro sistema da Via Láctea, significaria que há vida além da terrestre.

O texto *Onde estão eles?*, de Franklin Rumjanek, do Departamento de Bioquímica Médica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, proposto anteriormente neste Manual (página 350), pode servir de subsídio para conduzir o debate de ideias com a turma.

CAPÍTULO 7

Introdução à Citologia e membranas celulares

Comentários gerais

As dimensões das células, sua forma e função podem ser temas rodeados de muitas dúvidas para os alunos. A fim de favorecer a aprendizagem, o estudo das células inicia-se com tais temas, trazendo texto rico em exemplos, fotografias e ilustrações.

No estudo das membranas celulares e dos mecanismos de transporte de substâncias, é importante que os alunos compreendam a função explicativa e didática dos modelos e consigam relacionar situações reais com esses modelos, como nos seguintes exemplos: explicar por que uma planta pode morrer se for adicionado sal à terra, por que uma salada temperada alguns minutos antes do consumo pode murchar, o que é o soro fisiológico usado nos hospitais e postos de saúde.

Vale destacar também o texto da seção *Vamos criticar o que estudamos?* (p. 173 do livro), que trata do Sistema Internacional de Unidades (SI) e dos múltiplos e submúltiplos do metro. Mais um aspecto fundamental da Ciência é apresentado aos alunos: a importância da padronização de medidas e de termos técnicos, o que permite a correta comunicação entre cientistas de todo o mundo.

Reflexões sobre o ensino de Biologia

Página 153

Escala espacial

Grandes temas unificadores, presentes nas diversas áreas científicas, estabelecem coerência entre as Ciências da Natureza. Eles garantem aprendizados úteis para compreender conceitos de Biologia, Química e Física. A noção de escala espacial é um desses temas unificadores.

Com o desenvolvimento dos microscópios e dos telescópios, novas fronteiras passaram a ser exploradas pelos cientistas. A elaboração de modelos explicativos para explicar o que não se pode ver diretamente exigiu, e ainda exige, a capacidade de abstração e de imaginar estruturas e fenômenos em outras escalas. À medida que equipamentos mais sofisticados são desenvolvidos, como o telescópio espacial *Hubble* e os instrumentos usados na nanociência, as escalas macro e microscópica vão sendo cada vez mais ampliadas em seus extremos.

Três pesquisadores norte-americanos realizaram uma investigação com estudantes de diferentes faixas etárias para verificar suas concepções de escala (TRETTER et al., 2006). Em crianças no início da "escola elementar" (Ensino Fundamental), há uma noção de que existem partículas ou seres tão pequenos que não podem ser vistos a olho nu, como o açúcar dissolvido em água ou os micro-organismos que causam doenças. Não há, no entanto, uma clareza quanto às diferenças de tamanho entre as estruturas microscópicas – por exemplo, o tamanho relativo entre um vírus e uma bactéria, ou entre uma bactéria e uma molécula de açúcar (sacarose).

Para que os alunos desenvolvam a noção de escala espacial, certos conhecimentos em Matemática são necessários. O entendimento de que a Matemática é uma ferramenta fundamental na Ciência deve ser aprofundado no Ensino Médio, quando temas científicos mais abstratos são abordados – por exemplo: o funcionamento de uma célula, a herança genética, a estrutura do átomo, as leis do movimento.

Uma etapa do desenvolvimento da noção de escala é criar o conceito da nova unidade (o micrometro, por exemplo) a partir de objetos ou distâncias comuns do dia a dia.

Para alunos de Ensino Médio, pode ser necessário desenvolver as primeiras noções de escala microscópica, se estas não tiverem sido abordadas no Ensino Fundamental.

Em uma pesquisa com estudantes de Ensino Médio de escolas públicas e particulares de Minas Gerais, foram solicitadas respostas a duas questões: (1) o que é gene, DNA e cromossomo? e (2) desenhar dentro da célula o DNA, o gene e o cromossomo. Segundo LIMA et al. (2008), os estudantes foram incentivados a expressar livremente seus pensamentos, sem limitação de tempo. Para alunos de 1º ano, constataram que 16% não fizeram o desenho e 30% desenharam de maneira incorreta, demonstrando o desconhecimento das relações entre célula, núcleo, cromossomo e DNA. Veja um trecho do artigo:

> Nossos dados acrescentam que os alunos do segundo ano do ensino médio foram os que apresentaram maior dificuldade em entender os três conceitos. Uma possível explicação para este fato seria que durante o segundo ano estes conceitos não são abordados no conteúdo de biologia e, portanto, o que foi trabalhado no primeiro ano fica descontextualizado e é esquecido pelos alunos. Os alunos do terceiro ano, apesar de usarem com maior frequência a terminologia científica, tiveram dificuldade em expressar, através da linguagem verbal, o seu entendimento sobre os três conceitos. [...]
>
> A maioria dos alunos do primeiro e do segundo ano desenhou os três conceitos, porém de forma cientificamente incorreta. Foi no terceiro ano que detectamos a maior porcentagem dos três conceitos desenhados de forma correta, embora estes estudantes não tenham conseguido formular respostas escritas completas para os conceitos. Este dado mostra que às vezes a imagem pode refletir melhor a forma como os estudantes visualizam estes conceitos em suas mentes. (LIMA et al., 2008)

Desenvolver a noção de escala do mundo microscópico é importante para fundamentar o estudo da célula e seu funcionamento, podendo torná-lo mais significativo para os alunos. Para isso, temos algumas sugestões:

- solicitar desenhos e montagem de modelos tridimensionais para verificar a compreensão dos alunos e promover o aprendizado;
- na montagem de modelos, solicitar que as estruturas e diferentes tipos celulares sejam representados em escala (veja *link* de atividade "A visualização do mundo microscópico");
- utilizar simuladores de escala disponíveis na internet, como o que sugerimos na seção *Multimídia* da página 140 do livro ("A escala do Universo").

Fontes:

LIMA, A. C.; PINTON, M. R. G. M.; CHAVES, A. C. L. O entendimento e a imagem de três conceitos: DNA, gene e cromossomo no ensino médio. *IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2008. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p464.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2016.

TRETTER, T. R.; JONES, M. G.; MINOGUE, J. Accuracy of scale conceptions in Science: mental maneuverings across many orders of spatial magnitude. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 43, n. 10, 2006, p. 1016-1085.

A visualização do mundo microscópico. Disponível em: <http://www.genoma.ib.usp.br/sites/default/files/parte4_63-73.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2016.

Sugestões de atividades complementares

Página 154

Observação de células ao microscópio de luz

A proposta é a de observar células ao microscópio de luz, caso a escola possua laboratório de Ciências com esse equipamento. Apresente o microscópio de luz aos alunos e aproveite para comentar a respeito do desenvolvimento dos microscópios ao longo dos séculos. Sugerimos a elaboração de um roteiro contendo os procedimentos e as atitudes mais importantes durante a aula prática, os cuidados no uso do microscópio e um modelo de relatório a ser seguido pelos alunos, com espaço para desenhos esquemáticos e questões de interpretação a partir das observações realizadas.

Para a visualização de células vegetais pode-se utilizar folhas da planta aquática elódea (*Elodea*), encontrada em lojas de aquários, sendo possível observar imagens como as mostradas na página 155 do livro. Basta retirar uma pequena folha e colocá-la na lâmina com uma gota de água, colocando-se a lamínula por cima, e será possível observar os limites das células e os cloroplastos. A observação deve começar com o uso da lente de menor aumento do microscópio e depois passar aos aumentos maiores. Você poderá repetir a preparação com folha de elódea, adicionando uma gota de lugol em vez de água, e será possível observar a localização do núcleo na célula.

Para a visualização de células animais, recomendamos a observação de cortes histológicos em lâminas permanentes, caso a escola disponha desse material.

Página 169

Observação dos efeitos da osmose em batata

Você pode realizar o experimento ou organizar os alunos em pequenas equipes para que eles mesmos façam os testes, sempre sob sua supervisão. O tempo previsto para a montagem é de cerca de 15 minutos.

Efeito da osmose em batata

Material necessário

- 3 batatas pequenas;
- 1 colher pequena (das de café);
- 1 copo pequeno;
- sal de cozinha;
- 1 copo de soro fisiológico;
- 1 copo de água (pode ser destilada ou filtrada);
- material para etiquetar;
- 3 pires ou placas de Petri pequenas.

Procedimentos

1. Em um copinho, que pode ser de café, misture uma colher cheia de sal à água.
2. Selecione 3 batatas. Com auxílio de uma faca ou de uma colher, o professor deverá "cavar" um pequeno buraco com cerca de 2 cm de profun-

didade em cada batata. As três batatas devem ficar com um buraco de mesmo tamanho.

3. Cada batata deve ser colocada em um apoio (o pires ou a placa de Petri) com o "buraco" voltado para cima. Você pode utilizar palitos de fósforo para manter as batatas nessa posição.
4. As batatas precisam ser identificadas, colocando as etiquetas apropriadas no apoio:
   - batata 1: "CONTROLE – TRATAMENTO: SORO FISIOLÓGICO";
   - batata 2: "TESTE – TRATAMENTO: ÁGUA + SAL";
   - batata 3: "TESTE – TRATAMENTO: ÁGUA" (ou água destilada).
5. Cada batata deve receber o tratamento solicitado no item anterior até preencher metade do buraco feito. Observe os resultados cerca de 1 hora depois ou no dia seguinte. Se a observação for feita no dia seguinte, cubra os buracos das batatas com filme plástico para evitar a perda de água por evaporação.
6. No momento da observação, deve-se verificar o volume de líquido dentro do buraco de cada batata e apalpar levemente cada uma delas, procurando sentir diferenças.

Resultado esperado

O resultado observado deve-se à osmose. A solução água + sal é hipertônica em relação ao meio intracelular, e as células da batata perdem água por osmose, que se acumula no buraco. A batata se torna ressecada e quebradiça. A água (destilada ou não) é hipotônica em relação às células da batata, que ficam túrgidas; o volume de água no buraco diminui. Ao se apertar a batata, é possível perceber que está dura e firme. O soro fisiológico é isotônico às células, e o volume de água dentro do buraco tende a se manter constante (controle).

Sugestões de avaliação da atividade

Solicite aos alunos que expliquem, por meio de esquemas ou desenhos, qual seria o estado das células de cada batata do teste se elas pudessem ser visualizadas. Observe se os alunos representam corretamente as diferenças de volume do vacúolo de suco celular.

Proponha aos alunos a seguinte questão, adaptada de vestibular da Fatec-SP:

É comum salgarmos a batata após a fritura, mas nunca devemos fazer isso antes, senão as batatas murcharão. Por quê?

Com o sal, a água tende a sair das células da batata para o meio externo, que se torna hipertônico em relação ao meio intracelular. As batatas descascadas e salgadas, antes da fritura, murcham em decorrência da osmose.

Página 170

Observação dos efeitos da osmose em células de trapoeraba-roxa

A trapoeraba-roxa (gênero *Tradescantia*) é uma planta muito utilizada com finalidade ornamental em jardins. Suas folhas são arroxeadas devido à presença do pigmento antocianina, armazenado no vacúolo de suco celular. O aspecto das células da epiderme inferior das folhas dessa planta é semelhante ao que está no livro, página 170, mostrando células de *Rhoeo discolor*.

A atividade a seguir também pode ser feita com folhas de *Rhoeo discolor*, mas geralmente a trapoeraba-roxa é mais fácil de encontrar.

Corel/Arquivo da editora

Folhas e flores de trapoeraba-roxa.

Professor(a), realize previamente a coleta de folhas da planta. Oriente os alunos a manipular as folhas usando luvas.

Osmose em células de trapoeraba-roxa

Material necessário

- Microscópio óptico;
- lâmina e lamínula;
- água;
- solução salina de NaCℓ a 3%;
- folhas de *Tradescantia*;
- pinça;
- papel-filtro;
- pipeta ou conta-gotas;
- papel toalha.

Procedimentos

1. Um pequeno pedaço da epiderme inferior da folha de trapoeraba-roxa deve ser retirado, com cuidado, utilizando-se a pinça.
2. A amostra da epiderme da folha deve ser colocada em uma lâmina limpa. Pingar uma ou duas gotas de água e cobrir com a lamínula.

3. A lâmina deve ser observada ao microscópio, iniciando pela lente de menor aumento. Os alunos poderão observar as paredes celulares e os grandes vacúolos de suco celular, de forte cor rósea.
4. A lâmina deve ser retirada do microscópio e apoiada sobre o papel toalha. Com o conta-gotas, colocar algumas gotas da solução salina em uma das extremidades da lamínula. Posicionar o papel-filtro em outra extremidade da lamínula, o que vai "puxar" a solução salina em direção à amostra observada.
5. A lâmina deve ser novamente colocada no microscópio para observação.

Resultado esperado

Espera-se que os vacúolos de suco celular estejam reduzidos, indicando a plasmólise das células.

Você pode perguntar aos alunos: o que pode ser feito para ocorrer a deplasmólise? Utilizando os conhecimentos sobre osmose, eles podem propor pingar água, ou água destilada, realizando o mesmo procedimento do item 4.

Oriente-os a realizar o procedimento, que deve resultar na observação de células flácidas ou túrgidas.

Temas abordados: comentários e aprofundamentos

Página 162

PENSE E RESPONDA

Cortiça

a. A cortiça corresponde ao súber desenvolvido do tronco de certas árvores, como o sobreiro.

b. Robert Hooke observou as paredes celulares de celulose, impregnadas de suberina, de células vegetais mortas. Ele reconheceu tratar-se de cavidades, ou celas, o que deu origem ao nome célula. O súber, que corresponde à cortiça, não é formado por células vivas.

c. O ar ocupa espaços nos alvéolos presentes na cortiça e, com isso, ela se torna menos densa do que a água líquida. Os alvéolos correspondem às cavidades onde, antes da suberificação, havia células vivas.

d. O ar é um mau condutor de calor. Como os alvéolos da cortiça estão preenchidos com ar, o tecido torna-se isolante térmico. Pelo mesmo motivo, a cortiça dificulta a passagem de ondas sonoras, sendo um isolante acústico.

Página 168

ATIVIDADE PRÁTICA

Observando o efeito da osmose

O ovo de galinha

Existe uma concepção incorreta muito comum entre as pessoas: a de que o ovo de galinha seria uma célula macroscópica, com a gema representando o núcleo e a clara, o citoplasma. No entanto, o ovo é uma estrutura produzida no oviduto da galinha, contendo uma ou mais células e os anexos embrionários.

A gema corresponde ao vitelo, circundado pela membrana vitelínica. Em uma pequena região, chamada cicatrícula, está o óvulo (o gameta feminino). Se o ovo estiver fecundado ("galado"), na cicatrícula há um disco de células embrionárias, formadas a partir da segmentação do zigoto. Na passagem pelo oviduto, ocorre a secreção de albumina, a "clara" do ovo.

Na região terminal do oviduto, é secretada a membrana fibrosa que envolve toda a estrutura e, sobre ela, a casca calcária.

Subsídios para a execução da atividade

O procedimento experimental é um dos mais interessantes entre os que se propõem a levar os alunos a identificar o fenômeno de osmose, com a vantagem de ser realizado em nível macroscópico e possibilitar a visualização do resultado. Oriente os alunos a observarem as diferenças nas duas montagens (controle e experimental), durante todas as fases de realização da atividade.

A seguir, damos alguns detalhes para a montagem:

- os ovos devem ser crus e, de preferência, de tamanhos semelhantes;
- a água utilizada deve ser a mais pura disponível. A água destilada é a mais indicada, mas o experimento pode ser realizado com água comum de torneira;
- a mistura a ser colocada dentro do ovo deve ser uma mistura saturada de açúcar; para isso, deve-se colocar a maior quantidade possível de açúcar comum (sacarose), até o ponto onde começa a ocorrer a precipitação, ou seja, depósito de açúcar não dissolvido;
- colorir a solução de sacarose, aplicando um corante (anilina) de uso culinário. É importante não utilizar corantes que possam provocar qualquer tipo de inconveniente ao aluno. A finalidade do corante é a de valorizar visualmente o resultado do procedimento, deixando evidente que ele não atravessa a membrana semipermeável;
- quebrar a casca da parte mais fina do ovo, abri-la bem e esvaziar o conteúdo do ovo. A abertura pode ser relativamente grande. Recomenda-se lavar o interior de cada ovo;

- com muito cuidado, tirar uma boa quantidade de casca do fundo do ovo, expondo a membrana fibrosa que fica entre a casca e a clara. Quanto maior a superfície exposta, melhor. No entanto, a membrana não pode ser rompida, tem que permanecer íntegra (veja foto a seguir);

Fotos: Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

região removida

membrana fibrosa

- no teste, a proposta é colocar duas soluções de concentrações diferentes separadas por uma membrana semipermeável: a mais concentrada dentro do ovo e a menos concentrada, de concentração praticamente nula, fora do ovo, dentro do copo. O ovo deverá ser colocado flutuando na água do copo, mas não pode afundar. No entanto, o ideal é que ele contenha a maior quantidade possível da mistura preparada com a sacarose e o corante. Assim, uma sugestão é usar o método de tentativa e erro: pôr um pouco da mistura, até mais ou menos a metade do ovo, colocar o ovo na água do copo e observar. Acrescentar, se for o caso, mais mistura até que falte pouco para derramar, mas mantendo o ovo flutuando. O mesmo deve ser feito na montagem do controle, mas colocando apenas água dentro do ovo;
- deixar em observação. Como, por osmose, a água atravessa a membrana semipermeável no sentido da solução menos concentrada para a mais concentrada, começa a entrar água, e somente água, do copo para o interior do ovo contendo a solução açucarada. Este vai ficando cada vez mais cheio e, consequentemente mais pesado, afundando, até entornar completamente. Na montagem de controle, nada disso ocorre, pois as soluções dentro e fora do ovo são idênticas (água) e, portanto, isotônicas entre si;
- durante a observação, nota-se que o volume interno do ovo aumenta, mas nota-se também que a água do copo não se torna colorida, indicando que não há passagem de soluto pela membrana.

O ideal é que cada equipe realize o experimento algumas vezes, dentro do padrão de experimentação em Ciência, mas como são várias equipes na mesma classe, a discussão entre elas supre, até certo ponto, essa dificuldade própria da sala de aula de uma escola de Ensino Médio.

Interpretando os resultados

a. As fotos a seguir mostram o resultado esperado para as montagens experimental e controle:

1

solução de açúcar + corante

água

montagem experimental

controle

Posicionamento inicial dos dois ovos: experimental e controle. Ambos flutuam com parte da casca acima da superfície da água.

2

Enquanto o controle permanece na mesma posição mostrada na foto 1, o ovo contendo a solução saturada de açúcar começa a afundar.

3

O ovo afunda e seu conteúdo se espalha na água. Ele afunda rapidamente, entre as etapas mostradas nas fotos 2 e 3.

Se o resultado observado por alguma equipe for diferente do esperado, promova uma discussão entre os alunos, que devem elaborar possíveis explicações para o ocorrido. Esclareça aos alunos que, na experimentação científica, não há “certo” e “errado”, apenas a observação dos resultados e a análise perante os conhecimentos estabelecidos e as condições em que o teste foi realizado. No caso da atividade proposta, trata-se de uma demonstração, ou verificação experimental.

b. Uma montagem representou o teste e outra foi utilizada como controle. A única variável diferente nas duas montagens foi a colocação de uma solução concentrada de sacarose dentro do ovo no teste e a aplicação apenas de água no ovo tido como controle.

c. Resposta pessoal.

d. Resposta pessoal. Espera-se que os alunos sejam capazes de compreender a relação entre o resultado esperado e o efeito da osmose.

Página 174

Leitura

Plasmodesmos

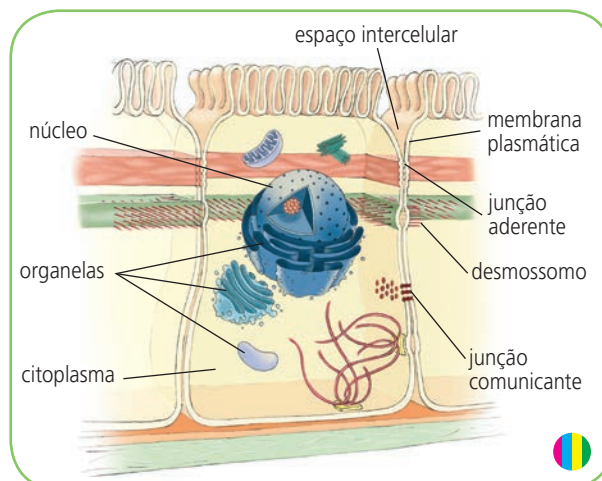
c) Vamos comentar a respeito de estruturas de membrana plasmática que promovem adesão e comunicação entre células epiteliais de animais.

As células com **junção aderente** estão unidas fortemente por substância intercelular. As regiões de contato entre as células têm certa resistência, já que se acumulam em seus citoplasmas aglomerados de substâncias onde se ligam filamentos de actina. Suas membranas plasmáticas não se encostam.

Nas células com junções aderentes, macromoléculas não conseguem passar pelo espaço intercelular, tendo que necessariamente atravessar o citoplasma das células. Como a zônula se encontra mais próxima ao polo apical, funciona como uma barreira às macromoléculas que chegam do meio extracelular.

As **junções comunicantes** (ou *gap junctions*) são constituídas por proteínas que estão organizadas de maneira a formarem canais que, ao atravessarem a membrana plasmática, tocam-se e, assim, estabelecem a comunicação entre os citoplasmas das células vizinhas.

Os **desmossomos** são estruturas discoidais que permitem a adesão entre células vizinhas. Em cada desmossomo há dois discos unidos, um de cada célula. Ligados a cada disco, há filamentos de queratina que acompanham os contornos da membrana plasmática, formando uma rede de adesão.

BSIP/Alamy/Glow Images

Esquema de células animais de tecido epitelial de revestimento, mostrando as junções celulares.

Respostas às atividades

Revendo e aplicando conceitos

3. O diâmetro real da célula será dado por seu diâmetro na fotografia (1 cm) dividido pela ampliação da foto (10 000 vezes). Antes de fazer o cálculo é necessário transformar centímetros em micrometros, pois a questão pede que a resposta seja dada nessa unidade. Assim:

1 m = 10^6 µm

1 cm = 0,01 m = 10^4 µm ou 10 000 µm

10 000 µm : 10 000 (aumento) = 1 µm

Fazendo o cálculo, temos que o diâmetro real da célula é de 1 µm.

4. Acompanhe no esquema e nas descrições a seguir a estrutura e o funcionamento do microscópio de luz:

Base: estrutura que oferece o suporte ao microscópio.

Braço ou coluna: parte ligada à base e às demais peças do microscópio.

Canhão: cilindro cuja parte superior abriga a lente ocular e a parte inferior, o revólver, onde estão as lentes objetivas.

Platina ou mesa: peça quadrada onde deve ser apoiada a lâmina a ser observada. Um orifício no centro da platina permite a passagem de luz.

Lâmpada ou, em alguns modelos de microscópio, espelho acoplado à base para refletir a luz do ambiente.

Condensador: ao ser atravessado pela luz, distribui os raios luminosos de maneira regular, a fim de oferecer iluminação ideal ao material a ser observado.

Diafragma: peça que permite regular a intensidade luminosa no campo visual do microscópio.

Parafuso macrométrico: estrutura que permite deslocamentos verticais mais amplos da platina, a fim de contribuir com a focalização da imagem.

Parafuso micrométrico: estrutura que permite deslocamentos verticais menos amplos da platina, a fim de obter um ajuste fino da focalização da imagem.

Charriot: permite deslocar a lâmina pela superfície da mesa.

Revólver: estrutura discoidal ligada à região inferior do tubo, dotada de até quatro lentes objetivas de diferentes ampliações. Ao girá-lo, podem-se mudar as objetivas.

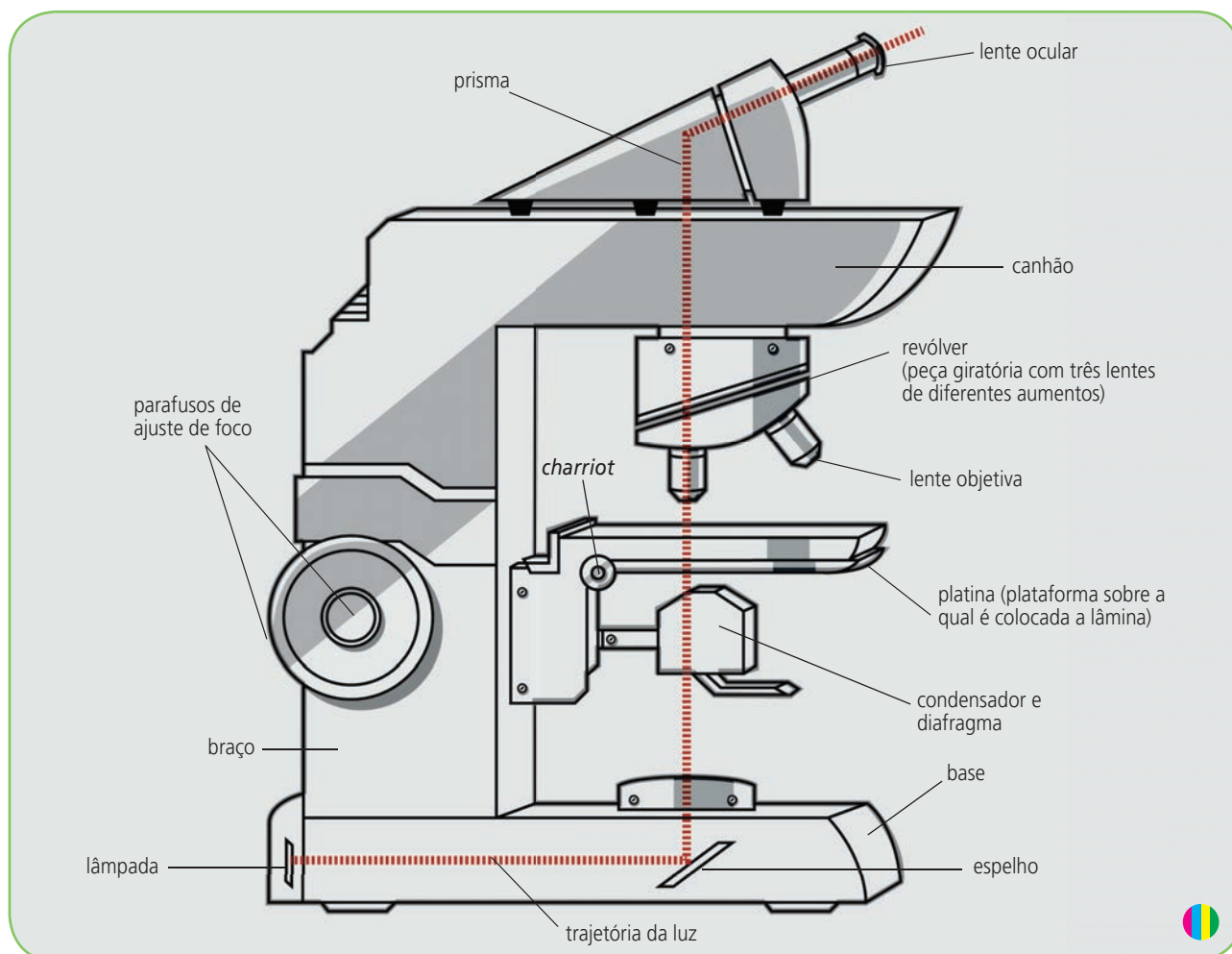
Lentes oculares e objetivas: permitem a ampliação dos materiais a serem observados. Para saber qual será a ampliação total do microscópio, deve-se multiplicar o valor de ampliação da objetiva pelo valor de ampliação da ocular.

11. c) Justificativa: as células ***a*** e ***b*** perdem água por evaporação e tornam-se hipertônicas em relação às células ***c*** e ***d***. A água movimenta-se da célula menos concentrada ***d*** para a mais concentrada ***a***.

12. c) Na membrana plasmática, as moléculas não ocupam posições fixas. Os fosfolipídios movem-se lateralmente uns em relação aos outros. Interações moleculares mantêm a coesão da membrana plasmática – por exemplo, o caráter hidrofóbico dos fosfolipídios.

Questões do Enem e de vestibulares

17. Pelos poros da membrana nuclear (carioteca) ocorre passagem de moléculas, do núcleo para o citoplasma e vice-versa. Um exemplo é dado pelo transporte de RNA-mensageiro, produzido no núcleo, para o citoplasma. A parede celular das células vegetais é rígida, define a forma da célula e suporta a pressão de turgor, evitando que a célula se rompa quando está túrgida. O principal componente químico da parede celular vegetal é a celulose.

Camucada/Arquivo da editora

Esquema ilustrando as partes principais de um microscópio óptico, de modelo básico.

CAPÍTULO 8

Citoplasma e organelas

Comentários gerais

O objetivo deste capítulo é compreender a célula como um sistema complexo e dinâmico, no qual diversas estruturas interagem. O enfoque não é a memorização de nomes de organelas, mas a relação entre as estruturas citoplasmáticas e suas funções na célula. Para auxiliar nessa tarefa, é necessário que os alunos relembrem e utilizem os conceitos relacionados à composição química dos seres vivos, estudados no capítulo 1. É também conveniente apresentar aos alunos os tipos de células em que as organelas ocorrem ou onde são mais desenvolvidas, relacionando estrutura e função celular.

É importante observar a terminologia das organelas citoplasmáticas. Em Biologia, procura-se unificar os nomes de estruturas, naturalmente com traduções oficiais para cada língua. Uma das decisões tomadas em recente revisão das nomenclaturas citológica, histológica e anatômica foi a de não adotar nomes de cientistas ou de outras pessoas, como era feito usualmente. Assim, por exemplo, a organela conhecida historicamente por "complexo de Golgi" recebeu esse nome em homenagem a Camilo Golgi (1843-1926), um importante histologista italiano. Atualmente, no entanto, recebe o nome de "complexo golgiense", ou "sistema golgiense".

Dois outros exemplos de uniformização, embora não relacionados com nomes de pessoas, são "retículo endoplasmático granuloso" e "retículo endoplasmático não granuloso", que eram conhecidos, respectivamente, por "retículo endoplasmático rugoso (ou granular)" e "retículo endoplasmático liso".

Mudanças terminológicas em geral são incorporadas lentamente. Em muitos livros e questões de vestibulares, é possível encontrar ainda os nomes tradicionalmente utilizados.

Sugestões de atividades complementares

Página 178

Representando células através de modelos

Proponha aos alunos a montagem de modelos tridimensionais de células procarióticas, eucarióticas animais e eucarióticas vegetais, observando a mesma escala de tamanho para os três modelos. Para calcular os tamanhos dos modelos seguindo a mesma escala, é preciso observar as dimensões fornecidas nas legendas das ilustrações. As imagens de células mostradas nos capítulos 1 e 7 podem servir de orientação para montagem dos modelos.

A atividade permitirá aos alunos desenvolverem conceitos trabalhados neste capítulo. Você pode investir em discussões que os levem a compreender as imagens que representam células em corte, produzindo eles mesmos modelos de células com partes removidas para a visualização do citoplasma.

Os alunos podem formar equipes e utilizar, na construção do modelo, sucata, como garrafas plásticas de diferentes tamanhos e cores, botões e barbantes, entre outros materiais. É importante que as estruturas sejam representadas em escala, o que pode demandar uma busca em livros e *sites* para saber as dimensões aproximadas de organelas citoplasmáticas.

A atividade pode se tornar um projeto de trabalho interdisciplinar se for planejada e conduzida em conjunto com os professores de Matemática e/ou de Arte.

Caso demonstrem interesse, os alunos podem organizar a exposição de seus trabalhos em algum local dentro da escola, elaborando apresentações para outros colegas e funcionários da instituição escolar. Ações como essa geralmente mobilizam os alunos e trazem um sentido mais concreto para a atividade proposta. Parcerias com escolas de ensino fundamental II do bairro também podem ser feitas e os alunos podem levar os seus modelos para serem apresentados. Neste caso eles devem ser orientados sobre a profundidade do conteúdo apresentado, adequado à faixa etária. Com essas iniciativas os jovens poderão perceber sua importância na comunidade escolar e no entorno, o que pode abrir caminhos para outras intervenções positivas.

Temas abordados: comentários e aprofundamentos

Página 187

ATIVIDADE PRÁTICA

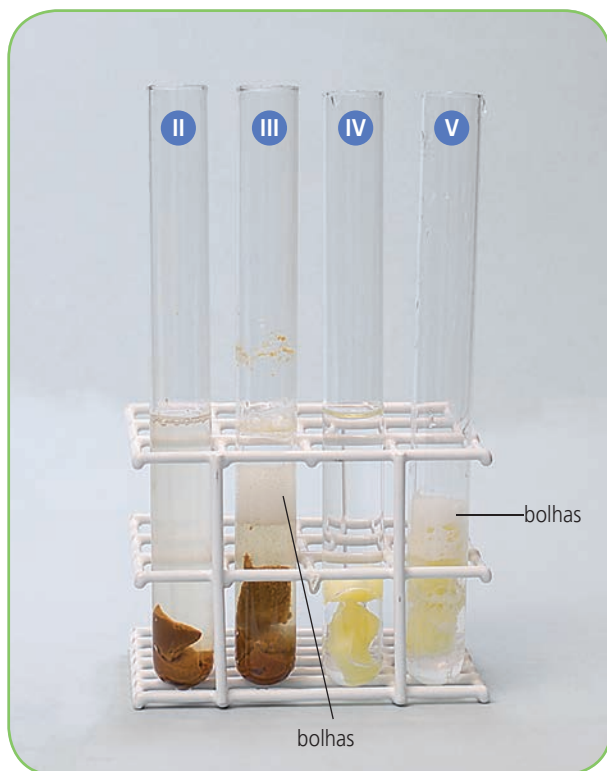
Quais tipos de células possuem peroxissomos?

Resultado esperado

A formação de bolhas é o indicativo da ocorrência de reação química entre a água oxigenada e a enzima catalase, presente nas células animais e vegetais. No tubo I, por não haver material biológico e, portanto, sem catalase, não ocorre reação. Os tubos II e IV não recebem água oxigenada e não há reação entre a água o material biológico (fígado e batata, respectivamente). Nos tubos III e V, as bolhas se formam assim que a água oxigenada é adicionada. Podem ser colocadas mais gotas de água oxigenada após alguns minutos, e nova efervescência será observada.

II fígado + água
III fígado + água oxigenada
IV batata + água
V batata + água oxigenada

Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

II III IV V
bolhas
bolhas

Resultado observado para os tubos II a V, imediatamente após a adição de água oxigenada nas amostras III e V.

Indo além

Discuta com os grupos a importância de planejarem cuidadosamente os testes, e uma preocupação deve ser a utilização mínima de materiais, a fim de que evitem desperdícios. Como material biológico, cada grupo poderá utilizar um cubo de batata ou de carne (ou fígado) cru por tubo de ensaio. A importância da preparação de um tubo controle, contendo somente o material biológico escolhido e água, deve ser ressaltada.

Estimule a turma a desenvolver diferentes propostas para testar suas ideias, já que a diversidade de testes tem muito a contribuir com a aprendizagem de todos. Nesse sentido, sugerimos que você propicie um momento em que cada grupo apresentará suas propostas aos demais. É essencial que a hipótese de cada grupo seja apresentada, assim como cada grupo deve ter clareza sobre o que testará.

Antes de iniciar a atividade prática, independente do teste que será realizado, oriente os grupos a manter a bancada do laboratório organizada, o que possibilitará desenvolver com segurança o trabalho e evitará acidentes. Discuta com os alunos a importância de conferirem se estão corretas as quantidades de materiais planejadas, antes de montarem as preparações, além da elaboração de um roteiro preciso e detalhado. Os alunos devem ter o cuidado de misturar bem o material biológico com água (no caso do tubo controle) e com água oxigenada (no caso do tubo teste). Além disso, ao manipularem os tubos, os alunos devem realizar movimentos os mais parecidos possíveis em todos os tubos. Ressalte o cuidado de não entrar em contato com a água oxigenada.

Aos grupos que testarão a influência da temperatura na atividade da catalase, sugerimos que resfriem os tubos, mantendo-os em caixa de isopor com gelo e anotando o tempo e as temperaturas.

Aos grupos que testarão a influência da acidez na atividade da catalase, será necessário medir o pH com uma fita especial utilizada para verificar a acidez da água de aquários ou piscinas. Os materiais que podem ser utilizados são vinagre e bicarbonato de sódio diluído em água.

Para quem testar a influência do tamanho dos fragmentos utilizados na ação da catalase, recomendamos ao menos três classes de tamanhos diferentes, nos pedaços de batata e de carne ou fígado.

Página 188

Plastos

- Cloroplasto: plasto "verde" (*cloro*).
- Cromoplasto: plasto "colorido" (*kroma*). Refere-se ao tipo de plasto que possui pigmentos, mas não a clorofila.
- Leucoplasto: plasto "branco" ou "incolor" (*leukos*). Refere-se ao tipo de plasto que não possui pigmentos e armazena outros tipos de substâncias. São exemplos de leucoplastos: amiloplastos, que armazenam amido, oleoplastos, que armazenam óleos, e proteoplastos, que armazenam proteínas.

Página 191

Leitura

Mitocôndria: energia, calor e morte celular

a) Na fecundação, o espermatozoide contribui com o material genético de seu núcleo, mas o citoplasma do zigoto corresponde ao citoplasma do óvulo. As mitocôndrias da célula-ovo são as que estavam no óvulo e, portanto, são todas de origem materna. Mitocôndrias possuem seu próprio DNA e, se existirem mutações no DNA mitocondrial de um óvulo e ele for fecundado, as mutações serão herdadas pelos descendentes, sejam eles do sexo masculino ou do sexo feminino.

Respostas às atividades

Revendo e aplicando conceitos

3. Como essas células produzem intensamente uma proteína (insulina), o retículo endoplasmático granuloso, que possui ribossomos aderidos à sua superfície, é abundante. O complexo golgiense tem a função de eliminar secreções proteicas produzidas pelo retículo granuloso – no caso das células beta do pâncreas, essa secreção é a insulina.

7. a) Professor(a): a seguir sugerimos um procedimento experimental que permitiria comprovar a relação entre a luz e o desenvolvimento do feijoeiro.

Luminosidade e desenvolvimento do feijoeiro

Materiais por grupo

- 2 vasos pequenos (chamados de *A* e *B*);
- mistura de terra orgânica e areia;
- 4 sementes de feijão;
- água;
- caixa de papelão totalmente vedada.

Procedimentos

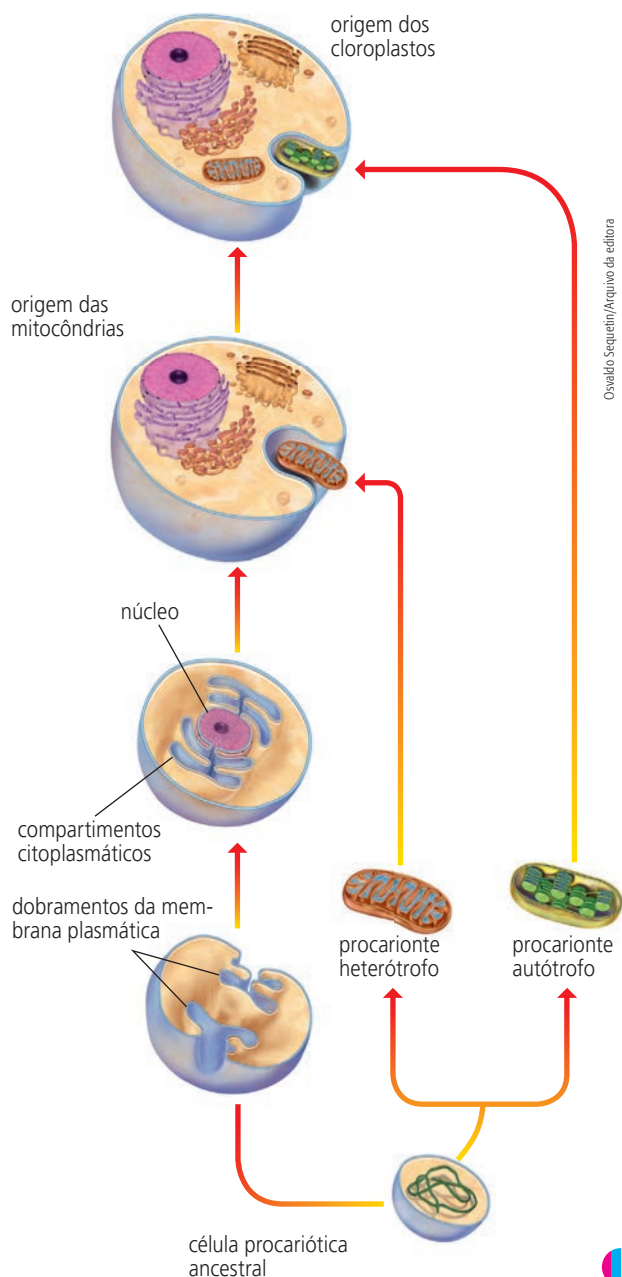
- Preencher os vasos com a mistura de terra e areia. Em cada vaso, plantar duas sementes e regá-las igualmente, com bastante água (sem encharcar). Manter os vasos, por cerca de 3 dias, nas seguintes condições: o vaso *A* em local que receba diariamente luz e o vaso *B* no escuro, dentro da caixa.
- No 4º dia, observar se houve germinação nos vasos, que devem ser regados. Mantê-los nas condições propostas. Voltar a observá-los a cada dois dias, regando-os se necessário (se molhar o vaso *A*, o *B* também deverá ser regado).

Comentários

- Com essa montagem, pode-se verificar se a luz interfere no desenvolvimento das plântulas de feijão e relacionar o resultado com a formação de cloroplastos. É importante que os alunos percebam a importância de neutralizar possíveis fatores que possam interferir na germinação de sementes, assim como no crescimento e desenvolvimento das plântulas, isolando apenas uma variável para análise: a disponibilidade de luz. As plântulas que se desenvolvem no escuro são chamadas estioladas e apresentam caules mais compridos e pouco firmes, e ausência de cor verde, pelo não desenvolvimento de cloroplastos.

Trabalhando com gráficos

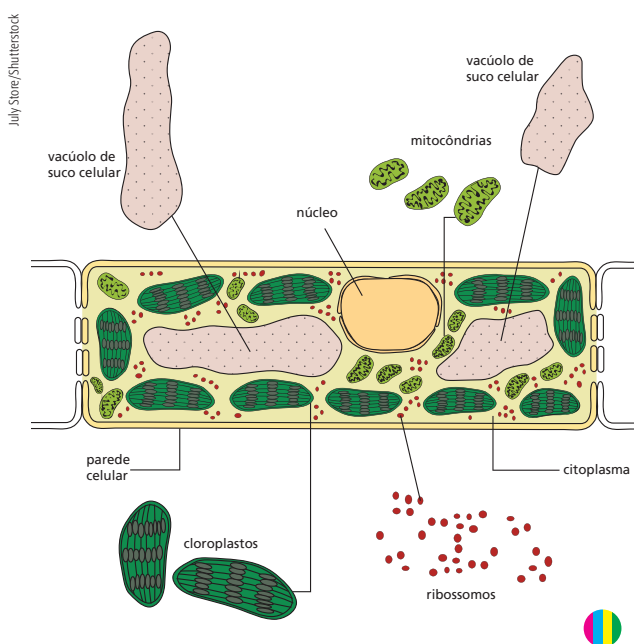
10. c) As bactérias aeróbias passaram a receber nutrientes da célula eucariótica primitiva, além de proteção no interior celular, um ambiente mais estável do que o meio externo. Já essas células eucarióticas primitivas passaram a aproveitar os produtos do metabolismo aeróbico e fotossintético das bactérias simbiontes.

10. e) Veja a seguir um esquema ilustrando a provável sequência de eventos no desenvolvimento da célula eucariótica, de acordo com a hipótese endossimbiótica.

Esquema ilustra eventos principais da hipótese endossimbiótica. Estruturas representadas em corte.

Questões do Enem e de vestibulares

11. As enzimas digestivas de uma célula são produzidas no retículo endoplasmático granuloso, passam para o complexo golgiense, onde são modificadas e liberadas como lisossomos. Esse será o trajeto das enzimas marcadas com aminoácidos radioativos. A concentração maior desses aminoácidos estará nos lisossomos, que armazenam as enzimas digestivas.

12. a) Sendo uma célula que possui organelas responsáveis pela fotossíntese (cloroplastos), conclui-se que se trata de uma célula vegetal. Veja um desenho esquemático desse tipo celular, com destaque para as estrururas citadas no enunciado:

July Store/Shutterstock

b) A célula vegetal é delimitada, externamente, pela parede celular de celulose, que é rígida e permeável. Ela permite a manutenção da forma celular mesmo com as variações osmóticas sofridas pela célula. Internamente à parede celular está a membrana plasmática, constituída por uma bicamada de fosfolipídios, com proteínas imersas, sendo semipermeável, ou seja, exercendo o controle do que entra na célula e o que dela sai. Os elementos da membrana estão dispostos segundo o modelo do mosaico fluido.

CAPÍTULO 9

Metabolismo energético da célula

Comentários gerais

Pretende-se que os alunos compreendam, em linhas gerais, os processos envolvidos no metabolismo energético das células – fotossíntese, quimiossíntese, respiração celular e fermentação –, sendo capazes de identificar as equações químicas gerais de cada processo e estabelecer relações entre eles. De acordo com os princípios que orientaram a elaboração desta coleção, a ênfase não está nos nomes de estruturas e substâncias, tampouco na descrição detalhada das enzimas envolvidas no metabolismo energético. O texto é fluido e claro, permitindo aos alunos compreenderem processos vitais e suas funções gerais.

Ao longo do capítulo e na seção *Atividades* são apresentadas sugestões de atividades práticas, que podem ser demonstradas por você ou realizadas pelos alunos. Para essas atividades, há necessidade de um laboratório de Ciências devidamente equipado, onde se observem normas de segurança. Não permita que os alunos mexam diretamente com fogo, objetos quentes ou substâncias inflamáveis e estimule-os a sempre observar os comentários que se encontram no texto e nos roteiros de aula prática que você elaborar.

O livro oferece condições para que os alunos acompanhem as atividades práticas, compreendendo seus objetivos, procedimentos e resultados pela leitura, caso não seja possível a realização dessas atividades na escola.

A seguir, fornecemos algumas orientações importantes caso pretenda realizar as atividades apresentadas no capítulo:

- teste da formação de amido em decorrência da fotossíntese (p. 201 e 202): recomenda-se o uso de folhas de feijoeiro ou de tomateiro para a realização da atividade, pela facilidade de se obterem os resultados esperados. O ideal é manter a planta com as folhas cobertas e descobertas por no mínimo por três dias, expostas em locais bem iluminados durante o dia.

- teste da formação de oxigênio na fotossíntese (p. 198): a planta aquática a ser utilizada é a elódea (*Elodea*), que pode ser encontrada em lojas de aquários. Ao fazer a montagem, a extremidade afilada do funil deve ficar abaixo do nível da água na cuba. A montagem deve permanecer iluminada dia e noite, por cerca de uma semana, para que os resultados sejam evidentes. Faça a montagem do grupo controle conforme as instruções da página 207, na seção *Vamos criticar o que estudamos?*.

Reflexões sobre o ensino de Biologia

Página 195

Fotossíntese e respiração celular

A compreensão dos conceitos de fotossíntese e respiração celular exige conhecimentos de diferentes áreas. O ensino fragmentado desses tópicos pode gerar o entendimento, nos alunos, de que o átomo da química não é o mesmo átomo da física e da biologia, como exemplificam Kawasaki e Bizzo (2000).

Em uma investigação com alunos do Ensino Fundamental II, esses pesquisadores verificaram que:

> Eles não compreendem que plantas realizam nutrição autotrófica e possuem ideias genéricas de aspectos isolados de seus processos, que não permitem uma compreensão do funcionamento desta função vital em plantas.[...]
>
> Vários equívocos podem ser encontrados neste contexto. Um deles, bastante frequente, refere-se à ideia de que devemos preservar as matas, pois estas garantem e suprem a maioria do oxigênio que respiramos. Outra, bastante relacionada à anterior, é a crença generalizada de que plantas são importantes agentes despoluidores, já que nos livrariam de toda espécie de poluição. (KAWASAKI; BIZZO, 2000)

O equívoco mencionado se relaciona, segundo os pesquisadores, com a ênfase dada às trocas gasosas no processo de fotossíntese. Essa ênfase também é comumente dada no ensino da respiração celular, o que pode resultar na noção totalmente incorreta de que animais respiram e plantas não.

Outro aspecto que dificulta a compreensão do tema é a confusão que se estabelece com os termos "alimentos" e "nutrientes". No dia a dia, usamos essas duas palavras como sinônimos. Além disso, no Ensino Fundamental é comum que os alunos construam a noção de que o adubo "alimenta" as plantas. Assim, os pesquisadores verificaram com frequência a associação da nutrição das plantas pelas raízes, como se elas retirassem o alimento pronto do solo.

Com base nessa discussão, percebe-se que é importante verificar quais são as concepções trazidas pelos alunos ao Ensino Médio relativas à fotossíntese e à respiração celular. Segundo os pesquisadores: "A partir de concepções dos estudantes em relação a esses aspectos elementares, torna-se possível traçar um programa de estudos em que eles possam colocar à prova seus modelos e ideias".

A definição de "alimento", neste contexto, como a matéria orgânica, capaz de fornecer energia para a célula, também é importante para evitar desentendidos.

Fonte:
KAWASAKI, C. S.; BIZZO, N. M. V. Fotossíntese – um tema para o ensino de Ciências? *Química Nova na Escola*, n. 12, nov. 2000, p. 24-29. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc12/v12a06.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2016.

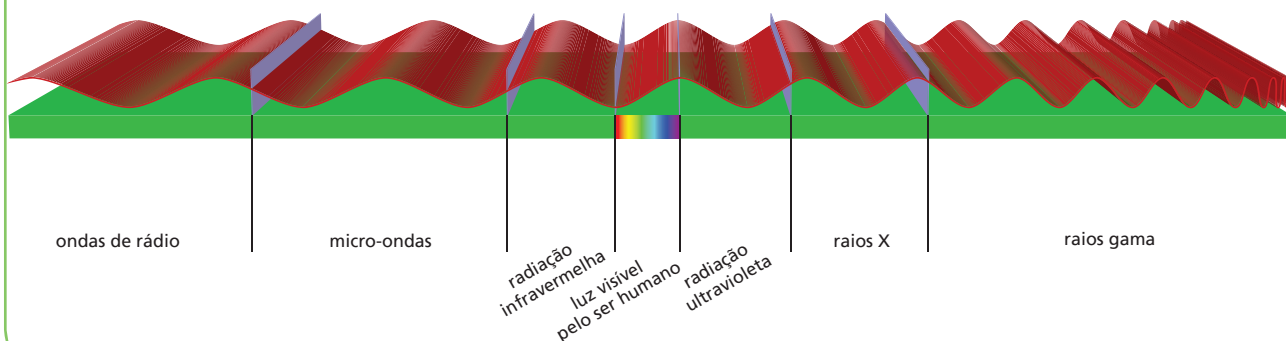
Sugestões de atividades complementares

Página 195

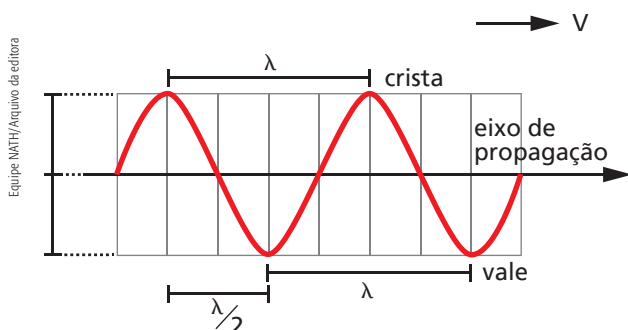
Pesquisa: o espectro eletromagnético

Esta é uma proposta de atividade interdisciplinar, que pode ser planejada e executada em conjunto com a disciplina de Física. Trata-se de um aprofundamento do tema comentado no quadro da página 195, a respeito do espectro eletromagnético, representado a seguir.

Espectro eletromagnético

ondas de rádio
micro-ondas
radiação infravermelha
luz visível pelo ser humano
radiação ultravioleta
raios X
raios gama

Milagli/Shutterstock

Sugerimos que haja uma explicação inicial sobre as características das ondas eletromagnéticas: elas são periódicas transversais, com um eixo e uma direção de propagação, e possuem os elementos: comprimento de onda (λ), período (T) e frequência (f).

Equipe NATH/Arquivo da editora

- Comprimento de onda: distância entre 2 cristas (ou 2 vales) consecutivas.
- Período: intervalo de tempo da passagem de 2 vales consecutivos.
- Frequência: quantos comprimentos de onda são percorridos em 1 segundo.

As ondas eletromagnéticas são classificadas em diferentes tipos, de acordo com intervalos de comprimento de onda. A partir desse entendimento, os alunos podem, divididos em grupos, pesquisar a respeito de aplicações de um determinado tipo de onda eletromagnética e apresentar o resultado da pesquisa aos colegas. Os alunos poderão compreender que a luz visível corresponde a uma pequena parte do espectro eletromagnético.

Página 200

Linha do tempo: o estudo da fotossíntese

Proponha aos alunos a elaboração de uma linha do tempo que apresente estudos que contribuíram com o desenvolvimento do conhecimento científico a respeito da fotossíntese. Para isso, oriente-os a pesquisarem estudiosos; como:

- o médico belga Jan Baptista van Helmont (1577-1644), que evidenciou que o solo não alimentava as plantas;
- o cientista inglês Joseph Priestley (1733-1804), que em 1771 verificou a capacidade de plantas em restaurar a qualidade do ar que havia sido alterada com a queima de velas;
- o médico holandês Jan Ingenhousz (1730-1799), que confirmou o trabalho de Priestley e demonstrou que a restauração se dá em presença de luz e nas partes verdes das plantas; em 1796, ele sugeriu que o gás oxigênio seria liberado a partir da transformação do gás carbônico;
- o cientista Van Niel (1897-1985), que em 1930 propôs que a água, e não o gás carbônico, seria a fonte de oxigênio na fotossíntese; cerca de 20 anos depois, confirmou-se essa ideia com o uso do isótopo do oxigênio-18;
- o fisiologista inglês F. F. Blackman (1866-1947), que em 1905 defendeu a ideia de que a fotossíntese ocorre em duas etapas, e que uma delas é dependente de luz;
- o botânico e fisiologista alemão T. H. Engelmann (1843-1909), que em 1882 desenvolveu um experimento cujo resultado mostrou que a fotossíntese depende da luz absorvida pela clorofila;
- o botânico Melvin Calvin, com a colaboração de Andrew Benson e James Bassham, que em 1961 recebeu o Prêmio Nobel pela descoberta das reações químicas que ocorrem no estroma dos cloroplastos.

Temas abordados: comentários e aprofundamentos

Página 197

Cromatografia em papel

O preparo do extrato verde para o procedimento da cromatografia pode ser feito pela maceração de folhas (como as de espinafre ou outra verdura) com álcool frio, usando-se cadinho e pistilo, ou um pilão.

Os resultados ficam visualmente melhores com o uso de papel-filtro especial para laboratório.

Outra montagem possível é utilizar um béquer ou um copo transparente, no qual se coloca um pouco do extrato verde. Deve-se recortar uma tira de papel-filtro, de comprimento maior do que o do recipiente, e enrolar uma extremidade da tira em um lápis, fixando com fita adesiva. A outra extremidade deve encostar no extrato verde. Apoiar o lápis na abertura do béquer. O extrato verde vai subindo, por capilaridade, pela tira de papel-filtro.

Conforme comentamos na parte geral do Manual, reforce aos alunos as orientações de segurança, tais como: trocar lentes de contato por óculos, prender cabelos médios ou longos e vestir avental de algodão abotoado, pois o sintético pode inflamar mais facilmente. Nunca manipular substâncias inflamáveis próximos a quaisquer fontes de calor e verificar no início e no fim da aula se as bocas de gás estão devidamente fechadas.

Página 198

A bioquímica da fotossíntese e da respiração celular

De acordo com o documento *PCN+ Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias* (BRASIL, 2006), devemos repensar os objetivos e os enfoques do currículo de Biologia no Ensino Médio:

> Uma abordagem por competências recoloca o papel dos conhecimentos a serem aprendidos na escola. Eles se tornam recursos para que o indivíduo, diante de situações de vida, tome uma decisão, identifique ou enfrente um problema, julgue um impasse ou elabore um argumento.

O documento então sugere seis grandes temas reunindo campos conceituais da Biologia, entre eles "Interação entre os seres vivos" e "Identidade dos seres vivos". Nesses dois temas, está inserido o conceito de fotossíntese, conforme destacado nos seguintes objetivos de aprendizagem:

- Identificar a origem da energia existente em cada nível de organização desse ecossistema.
- Analisar os processos de obtenção de energia pelos sistemas vivos – fotossíntese, respiração celular – para identificar que toda a energia dos sistemas vivos resulta da transformação da energia solar.
- Traçar o percurso dos produtos da fotossíntese em uma cadeia alimentar.

O conceito de fotossíntese e o de respiração celular foram abordados no capítulo 2, como parte essencial do estudo das teias alimentares e do fluxo de energia nos ecossistemas.

Neste capítulo, pensando no desenvolvimento de competências e do uso de conceitos científicos para interpretar questões mais amplas, de cunho socioambiental, optamos por uma abordagem da fotossíntese com destaque às evidências experimentais de sua ocorrência e às principais etapas do processo, em um nível adequado de aprofundamento. O mesmo enfoque foi dado à abordagem da respiração celular.

A bioquímica da fotossíntese e da respiração é extremamente complexa, envolvendo dezenas de enzimas e as reações do transporte de elétrons, que são temas adequados para o Ensino Superior.

Para seu aprofundamento a respeito da fotossíntese, recomendamos o material produzido por Luiz Edson Mota de Oliveira, da Universidade Federal de Lavras, e colaboradores (veja *link* a seguir). Sobre a bioquímica do metabolismo energético, consulte o livro de Marzzoco e Torres, também citado a seguir.

Fontes:

BRASIL, Secretaria da Educação Básica. Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias . Brasília, MEC, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. *Bioquímica básica*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

OLIVEIRA, L. E. M. et al. (Orgs.). Metabolismo fotossintético. Disponível em: <http://ledson.ufla.br/MPS/MPS-2011/FEM/PAGINAINICIAL.htm>. Acessos em: 23 mar. 2016.

Teste da formação de oxigênio na fotossíntese

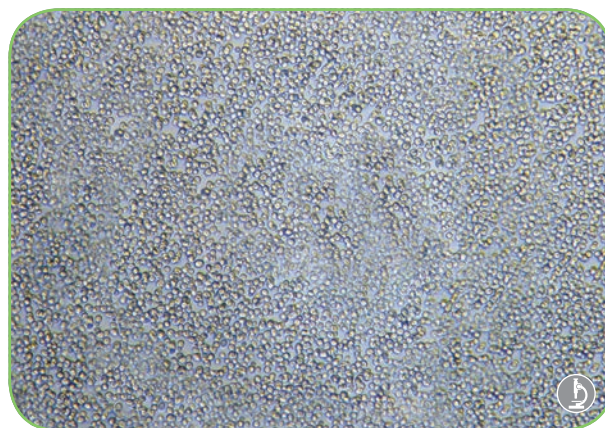
Professor(a), a realização do procedimento mostrado no livro pode ser realizado por você, como demonstração aos alunos. Após 10 dias de exposição à luz, o tubo de ensaio deve ser rapidamente retirado da montagem com a planta elódea, e tampado com o polegar para que o gás ali acumulado não escape para o ar. Deixe o tubo de ensaio na posição vertical, com a boca para cima; assim o gás oxigênio, mais denso que o ar, se concentra na parte inferior do tubo. Seguindo os procedimentos descritos no livro, o reavivamento da chama no palito de fósforo é rápido e dura poucos segundos. Para a demonstração, mantenha o tubo afastado de seu rosto e de seus alunos, e utilize os equipamentos de segurança (avental, luvas, óculos de proteção, pegador de madeira).

Página 206

ATIVIDADE PRÁTICA

Como as leveduras obtêm energia?

Um procedimento interessante que pode complementar esta aula prática é a observação do fermento biológico ao microscópio óptico, caso exista esse equipamento no laboratório da escola. Basta colocar uma gota do fermento dissolvido em água sobre uma lâmina limpa e cobrir com a lamínula. Essa observação é importante para sedimentar o aprendizado de que o fermento biológico é constituído por seres vivos unicelulares, as leveduras.

borzywoj/Shutterstock

Leveduras observadas ao microscópio de luz, sem corante.

Interpretando os resultados

a. O resultado poderá ser observado a partir de 10 minutos da montagem, pois espera-se o acúmulo de gás no balão da garrafa **B**. O gás liberado é o CO_2, produto da fermentação.

Thiago Oliver/Acervo do fotógrafo

A

B

Página 207

Vamos criticar o que estudamos?

Todas as plantas dependem de luz para realizar a fotossíntese?

A respeito da fotossíntese, o que foi discutido no capítulo se refere à fixação do CO_2 pela via mais comum, o que é conhecido como mecanismo C3. Há, entretanto, dois outros mecanismos por meio dos quais o CO_2 pode ser concentrado na planta: o mecanismo C4 e o mecanismo MAC (metabolismo ácido das crassuláceas), também conhecido como CAM (em inglês, *Crassulacean acid metabolism*). Esses mecanismos são comentados, de forma simplificada, na seção *Vamos criticar o que estudamos?*.

O mecanismo C4 ocorre predominantemente em plantas tropicais e subtropicais, tendo sido registrado em dezoito famílias não aparentadas, o que sugere que o surgimento desse mecanismo tenha ocorrido de forma independente, em diversas linhagens, na história evolutiva das plantas. Entre os exemplos mais conhecidos estão o milho, a cana-de-açúcar, a tiririca, o capim-colchão e o capim-arroz. Esse mecanismo parece estar relacionado ao estresse hídrico e a altas temperaturas, condições que limitam a aquisição de CO_2 pelas plantas. As plantas C4 possuem nas folhas, além das células clorofiladas que compõem o mesófilo (parênquima clorofiliano), células clorofiladas especiais que se dispõem ao redor dos feixes vasculares, formando o que se chama de bainha perivascular. Essa anatomia diferenciada tem duas consequências fisiológicas importantes: o CO_2 do ar atmosférico é captado pelas células do mesofilo e é formada uma substância orgânica de 4 carbonos (daí o nome C4); essa substância é passada para as células da bainha, onde fica concentrada, e é usada no ciclo de Calvin. Por esse mecanismo, a concentração de CO_2 nas células da bainha chega a ser dez vezes superior aos valores normalmente encontrados na atmosfera.

O metabolismo MAC é um mecanismo de concentração de CO_2 considerado como adaptação à aridez de ambientes terrestres e à limitação na disponibilidade de CO_2 em ambientes aquáticos. É registrado em 26 famílias de angiospermas, 38 espécies de pteridófitas aquáticas, 2 espécies de pteridófitas terrestres e em uma família de gimnospermas. Esse mecanismo deve ter surgido várias vezes na evolução das plantas e não está relacionado a um só grupo aparentado em termos evolutivos. Provavelmente todas as espécies de Cactáceas e Crassuláceas possuem metabolismo MAC. Bromeliáceas (como o abacaxi) e orquidáceas apresentam vários representantes com metabolismo MAC. As plantas MAC se caracterizam pela fixação do CO_2 no período noturno, pois durante o dia seus estômatos estão fechados. Durante a noite, com menor risco de perda de água por transpiração estomática, os estômatos ficam abertos e há fixação do CO_2 sob a forma de malato, que fica armazenado para ser usado como fonte de carbono na fotossíntese, durante o dia.

Fonte:
CAMPBELL, N.; MITCHELL, L.; REECE, J. *Campbell Biology*: concepts and connections. 9. ed. Nova York: The Benjamin Cummings Publishing, 2011. p. 200-202.

Página 209

Leitura

A câibra

Nesta leitura, comentamos que as células musculares esqueléticas podem realizar fermentação láctica em determinadas condições. A seguir, apresentamos um aprofundamento do assunto.

A energia contida nos alimentos não é transferida diretamente às células para a realização de trabalho biológico. Em vez disso, essa energia dos nutrientes liberada através da oxidação é recolhida e conduzida como uma forma acessível de energia química através do composto rico em energia ATP. A célula contém outros compostos ricos em energia, porém o ATP é o mais importante.

A quebra do ATP se processa com ou sem a disponibilidade de gás oxigênio. Essa reação é rápida, anaeróbia e libera energia. A capacidade da célula

em decompor o ATP lhe permite gerar energia para uso imediato; isso não ocorreria se fosse necessário oxigênio. Assim, atividades como correr para pegar um ônibus, realizar o bloqueio no vôlei, introduzir um prego com um martelo ou levantar halteres pesados pode começar imediatamente sem oxigênio.

Como apenas uma pequena quantidade de ATP é armazenada de fato na célula e não pode ser fornecida através do sangue ou a partir de outros tecidos, essa substância deverá ser sintetizada continuamente, no mesmo ritmo com que é utilizada.

Apesar de as principais fontes de energia química para a síntese de ATP serem as gorduras e os carboidratos, parte da energia para síntese do ATP é gerada rapidamente e sem oxigênio a partir de outro composto de fosfato rico em energia, denominado fosfato de creatina, ou CP. A transferência de energia de CP é essencial durante as transições de uma baixa para uma alta demanda de energia, como ocorre no início de um exercício. A concentração de CP na célula é cerca de quatro a seis vezes maior que aquela de ATP. Desse modo, CP é considerado o "reservatório" de fosfato de alta energia.

As contribuições relativas dos vários meios de transferência de energia diferem acentuadamente na dependência da intensidade e duração do exercício e da aptidão do participante. Nas provas de curta duração e alta intensidade, como corrida de 100 m, prova de natação de 25 m ou levantamento de pesos, o fornecimento imediato e rápido de energia é proporcionado quase exclusivamente pelos fosfatos de alta energia ATP e CP, armazenados dentro dos músculos específicos ativados durante o exercício.

No exercício leve e moderado, os carboidratos satisfazem cerca de metade das necessidades energéticas do organismo. Durante os níveis moderados de metabolismo energético, a capacidade das mitocôndrias em termos de metabolismo oxidativo é adequada e as células dispõem de oxigênio suficiente.

Durante o exercício físico extenuante, quando as demandas energéticas ultrapassam tanto o suprimento de oxigênio quanto o seu ritmo de utilização, a velocidade de produção de hidrogênio somado ao NADH (transportador de hidrogênio) ultrapassa a velocidade com que pode ser processado através da cadeia respiratória. Os hidrogênios "excessivos" se combinam com o piruvato formado na glicólise, formando ácido láctico.

Depois que o ácido láctico forma-se no músculo, difunde-se rapidamente no sangue, onde é tamponado para formar lactato e, a seguir, é transportado do local do metabolismo energético. Dessa forma, a glicólise pode prosseguir e fornecer energia anaeróbica adicional para a síntese de ATP. Essa via para energia extra é apenas temporária, pois a regeneração do ATP não consegue acompanhar sua utilização, e a capacidade de realizar exercícios diminui. A fadiga é mediada essencialmente por uma maior acidez (e talvez pelo efeito do próprio lactato), que inativa várias enzimas envolvidas na transferência de energia e interfere com as propriedades contrácteis dos músculos.

O ácido láctico não deve ser encarado como um "produto do desgaste" metabólico. Pelo contrário, é uma fonte valiosa de energia química potencial que é utilizada continuamente pelo corpo no exercício moderado e que se acumula durante o exercício intenso. Os átomos de hidrogênio ligados ao ácido láctico acabam sendo oxidados quando se torna disponível uma quantidade suficiente de oxigênio, como acontece durante a recuperação ou quando o ritmo de exercício é reduzido. A seguir, o piruvato restante é usado como fonte energética.

Fonte:
McARDLE; KATCH; KATCH. *Fisiologia do exercício*: energia, nutrição e desempenho humano. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

CAPÍTULO 10

Núcleo e divisão celular

Comentários gerais

A estrutura do núcleo, a formação de cromossomos e os processos de divisão celular – mitose e meiose – são os temas deste capítulo. Pretende-se que, nesse nível da aprendizagem, os alunos compreendam quais são os resultados desses dois processos de divisão celular: células idênticas à original no caso da mitose, ou com metade do número de cromossomos no caso da meiose.

A ênfase na compreensão do processo, em um nível adequado aos alunos do Ensino Médio, explica a representação simplificada das células nas etapas de divisão celular.

Com esses conhecimentos, os alunos poderão compreender:

- como surgem as alterações no número de cromossomos de um indivíduo, especialmente no ser humano, em que alterações cromossômicas resultam determinadas síndromes;

- a gametogênese, a fecundação e o desenvolvimento embrionário humano, que serão estudados no capítulo seguinte;
- os ciclos de vida de outros seres vivos, como o ciclo haplodiplobionte das plantas, apresentados no volume 2 desta coleção;
- a relação entre divisão celular, hereditariedade e evolução das espécies, temas tratados no volume 3 da coleção.

Reflexões sobre o ensino de Biologia

Página 215

Núcleo, cromossomo, DNA e gene

Tomando por base o conceito de aprendizagem significativa proposto por David Ausubel na década de 1960, os conhecimentos prévios possuem grande valor no processo de ensino e aprendizagem. É a partir do resgate dos conhecimentos prévios dos alunos que determinadas concepções podem ser questionadas, reformuladas e gerar novos conhecimentos. Ao ensinar levando-se em conta o que os alunos já sabem a respeito do tema, tornam-se maiores as chances de aprendizado, pois as concepções prévias funcionam como ancoradouros das novas informações. O papel do professor, nessa perspectiva, é o de criar uma atmosfera que motiva a aprendizagem, levando o aluno a questionar o que já sabe e a fazer relações entre informações (AUSUBEL et al., 1980).

Diversas pesquisas em ensino de Ciências revelaram que a aprendizagem significativa não é facilmente atingida. Muitas vezes, os alunos aparentemente dominam um conteúdo no momento em que ele está sendo estudado; no ano seguinte, no entanto, perguntas sobre o mesmo conteúdo serão em grande parte respondidas com base em concepções alternativas.

Um exemplo é o trabalho de Lima e colaboradores (2008), a respeito da compreensão de três conceitos – DNA, gene e cromossomo – entre alunos dos três anos do Ensino Médio, de escolas públicas e particulares (mencionamos este artigo anteriormente, na página 354 deste Manual). Para avaliar o que os alunos sabiam a respeito dos conceitos, eles receberam duas questões: 1- O que é gene, DNA e cromossomo?; 2- Desenhe dentro de uma célula: o DNA, o gene e o cromossomo. Foi esclarecido que a atividade não tinha caráter avaliativo.

No entanto, para o professor, esse tipo de atividade é um importante instrumento de avaliação. Implementando questões como essas no início do capítulo, será possível identificar o que os alunos sabem a respeito de cromossomos e DNA, quais são os conceitos corretos e quais são as concepções alternativas trazidas por eles. Talvez alguns alunos se lembrem de informações abordadas no Ensino Fundamental II, enquanto outros tenham concepções errôneas ou equivocadas do ponto de vista científico.

Devemos considerar, também, que o DNA é um tema muito presente na mídia e até em obras de ficção, como filmes e novelas. O uso de reportagens ou cenas de filmes como contexto para o ensino da estrutura dos cromossomos e da divisão celular pode ser uma estratégia motivadora. A partir desses conhecimentos, os alunos poderão compreender o que é veiculado sobre DNA, biotecnologia etc., com a oportunidade de participar de debates envolvendo o tema:

> Sobre as notícias e pesquisas científicas no ramo da genética, PEDRANCINI et al., 2007, comentam que para que se possa apreciá-las e discuti-las é fundamental o domínio de conceitos biológicos básicos. Segundo os autores "um conhecimento genético consistente requer domínio e entendimento de conteúdos como estrutura e função das células, divisão celular e reprodução. Entretanto, estudos sobre a formação de conceitos na área da genética têm demonstrado que os estudantes apresentam dificuldades na construção do pensamento biológico, mantendo ideias alternativas em relação aos conceitos básicos desta disciplina". (LIMA et al., 2008).

Sugerimos, portanto, uma postura de professor-pesquisador, detectando conhecimentos prévios e fazendo atividades que permitam verificar se os alunos estão questionando essas concepções e reformulando-as de acordo com o conhecimento científico. Diversas atividades sugeridas ao final deste capítulo podem auxiliar nesse sentido, podendo ser aplicadas em diferentes momentos do estudo.

Fontes:
AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Ed. Interamericana, 1980.
LIMA, A. C.; PINTON, M. R. G. M.; CHAVES, A. C. L. O entendimento e a imagem de três conceitos: DNA, gene e cromossomo no ensino médio. *IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2008. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p464.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2016.

Sugestões de atividades complementares

Página 222

Atividade prática: Visualização de fases da mitose em células de raiz de cebola

A seguir, descrevemos brevemente os procedimentos para a observação de fases da mitose em células da raiz de cebola. É necessário um laboratório com reagentes, microscópio óptico e equipamentos de segurança. Recomendamos que você prepare as lâminas previamente; como o preparo é um tanto

complexo e envolve o uso de uma chama, você deve apenas demonstrar aos alunos os procedimentos adotados. Três ou quatro dias antes de realizar a montagem da lâmina, coloque um bulbo de cebola sobre um copo com água, de forma que a região de onde saem as raízes fique em contato com a água. Depois de alguns dias, as raízes estarão maiores. Selecione as raízes medindo cerca de 1,0 cm de comprimento, de onde serão retirados os ápices para observação.

Observação de células de raiz de cebola em mitose

Introdução

Você sabia que as raízes crescem pela extremidade? Por isso, no ápice da raiz existem células em intensa divisão celular por mitose. Com os procedimentos a seguir, é possível fixar e corar os cromossomos de células de raiz de cebola.

Procedimentos

1. Pingue sobre uma lâmina limpa 3 gotas de orceína láctica ou acética a 2% (este composto atua como fixador e corante).
2. Com o auxílio de uma pinça, coloque a extremidade da raiz de cebola (cerca de 2-3 mm) sobre a gota de orceína.
3. Cubra a preparação com uma lamínula.
4. O procedimento a seguir deve ser realizado pelo professor: acender a chama de uma lamparina ou bico de Bunsen. Com o pregador de madeira, segurar a lâmina sobre a chama, a cerca de 5 cm de distância, por 3 segundos. Afastar a lâmina do fogo por cerca de 3 segundos e repetir o procedimento por 3 vezes. O aquecimento torna a fixação do corante mais rápida.

   Atenção: devem ser tomados todos os cuidados necessários em relação à chama e, quando terminar o procedimento, colocar a lâmina sobre folhas de papel, apagar a chama e fechar a torneira de gás. Não deixar frascos com álcool ou outras substâncias inflamáveis perto da chama.
5. Esmague a ponta da raiz, utilizando a ponta de uma pinça ou um bastão de vidro para pressionar levemente a lamínula, tomando cuidado para não quebrá-la ou retirá-la do lugar.
6. Se necessário, retire o excesso de corante com um pedaço de papel-filtro.
7. Leve a lâmina ao microscópio de luz, focalizando primeiro com o menor aumento e depois passando aos aumentos maiores.

Adaptado de:
GALEMBECK, E. et al. Preparo de lâmina para observação de mitose de célula vegetal ao microscópio óptico. Biblioteca Digital de Ciências. Universidade Estadual de Campinas, SP, 2006. Disponível em: <http://www.biologia.seed.pr.gov.br/arquivos/File/praticas/mitose_cebola.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2016.

Página 225

Montagem de modelos para estudo da divisão celular

Solicite aos alunos que montem modelos das fases de mitose e meiose em uma célula animal hipotética (2n = 2 ou 2n = 4), utilizando materiais como cartolinas, papelão ou pequenas caixas para representar os limites da célula em divisão e massa de modelar colorida ou fios coloridos de lã para representar os cromossomos. Os alunos também devem representar os centríolos, o nucléolo e a carioteca nas fases em que essas estruturas ocorrem.

A montagem dos modelos permite aos alunos desenvolverem conceitos, aplicando o que sabem, compreendendo o dinamismo do processo de divisão celular (o que nem sempre fica evidente nos esquemas bidimensionais típicos de um livro) e percebendo suas dúvidas e dificuldades, que podem ser esclarecidas no decorrer da atividade. Além disso, os alunos poderão comparar a mitose e a meiose, percebendo de modo evidente, por meio dos modelos, as semelhanças e as diferenças entre os processos.

Página 226

Montagem de cariótipo humano

Esta atividade foi proposta na revista *Genética na Escola*, publicada pela Sociedade Brasileira de Genética (veja referência a seguir). Usando materiais simples, os alunos poderão aprofundar-se no tema das alterações no número de cromossomos, que causam determinadas síndromes.

Cariótipo com canudinhos

Material necessário

- Canudos de plástico coloridos, de 8 cores diferentes;
- tesoura sem ponta;
- régua milimetrada;
- barbante;
- cartolina de cor clara;
- pincéis.

Procedimentos

1. Organizados em grupos, os alunos devem representar os cromossomos. Ressalte que, para a confecção de um cariótipo, os cromossomos estão no máximo da condensação, o que ocorre na metáfase mitótica, fase em que estão duplicados. Assim, cada cromossomo será representado por dois canudos iguais em cor e tamanho (as duas cromátides-irmãs). O comprimento dos canudos deve ser medido com a régua e o corte feito com a tesoura sem ponta. O centrômero será representado por um barbante prendendo os dois canudos em determinada posição.

2. Os 23 pares de cromossomos serão organizados em 9 grupos, diferenciados pelo comprimento das cromátides e pela posição dos centrômeros.

CROMOSSOMOS DO GRUPO A – Pares 1, 2 e 3

- São os maiores cromossomos do cariótipo. Os alunos deverão escolher 6 canudos da mesma cor e organizá-los em pares; dobrar cada canudo do par ao meio e ali fixar o barbante, ajustando depois a sua posição de acordo com a descrição.
- Par 1: metacêntrico
- Par 2: submetacêntrico
- Par 3: metacêntrico – como esse par é menor que o 1, deverão ser cortados 1,5 cm dos braços superior e inferior.

GRUPO B – Pares 4 e 5

- São cromossomos ligeiramente menores que os do grupo A. Os alunos deverão escolher 4 canudos de mesma cor (mas diferente da cor do grupo A) e reuni-los em pares com o barbante.
- Par 4: submetacêntrico – cortar 2 cm do braço superior e 1 cm do inferior.
- Par 5: submetacêntrico – este par tem tamanho semelhante ao 4.

GRUPO C – Pares 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12

- São cromossomos de tamanho médio. Os alunos devem selecionar 14 canudos de mesma cor e reuni-los em pares com o barbante.
- São todos submetacêntricos – cortar 3 cm do braço superior e 1 cm do inferior.

GRUPO D – Pares 13, 14 e 15

- São cromossomos de tamanho médio e cada par é ligeiramente menor que o par precedente. Os alunos devem selecionar 6 canudos de mesma cor e reuni-los em pares com o barbante.
- São todos acrocêntricos – cortar 4 cm do braço superior e 1,5 cm do inferior.

GRUPO E – Pares 16, 17 e 18

- São cromossomos pequenos. Os alunos devem selecionar 6 canudos de mesma cor e reuni-los em pares com o barbante.
- Par 16: metacêntrico – cortar 3,5 cm do braço superior e 3,5 cm do inferior.
- Pares 17 e 18: submetacêntricos – cortar 5 cm do braço superior e 2 cm do braçoinferior.

GRUPO F – Pares 19 e 20

- São cromossomos menores do que os do grupo E. Os alunos devem selecionar 4 canudos de mesma cor e reuni-los em pares com o barbante.
- Ambos são metacêntricos – cortar 4 cm do braço superior e 3,8 cm do braço inferior.

GRUPO G – Pares 21 e 22

- São os cromossomos de menor tamanho do cariótipo. Os alunos devem selecionar 4 canudos de mesma cor, e reuni-los em pares com o barbante.
- Ambos são acrocêntricos – cortar 5 cm do braço superior e 2,5 cm do braço inferior.

GRUPO H – Cromossomos sexuais (X e Y)

- X: metacêntrico – utilizar 2 canudos da mesma cor e comprimento daqueles usados no grupo e reuni-los em um par com o barbante.
- Y: acrocêntrico – utilizar 2 canudos de uma cor diferente; cortar 7 cm do braço superior e 4 cm do braço inferior.

3. Com os pares de cromossomos montados, cada grupo deve montar, um de cada vez, os seguintes cariótipos:

- masculino;
- feminino;
- de uma pessoa com síndrome de Down (com 3 cromossomos nº 21);
- de uma pessoa com síndrome de Turner (45, X0);
- de uma pessoa com síndrome de Klinefelter (47, XXY).

Adaptado de:
PINHO, J. D.; RIVAS, P. M. S.; CAMPELO, D. D. Montagem de cariótipo humano: uma atividade didática alternativa de fácil aplicação. *Genética na Escola*, v. 7, n. 2, São Paulo: SBG, 2012, p. 74-77. Disponível em: <http://www.geneticanaescola.com.br/>. Acesso em: 24 mar. 2016.

Temas abordados: comentários e aprofundamentos

Página 214

CURIOSIDADE

Retículo nucleoplasmático

A equipe envolvida na descoberta do retículo nucleoplasmático (RN) foi composta por pesquisadores de duas universidades norte-americanas e da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). A estrutura já havia sido visualizada em 1997 por um grupo de cientistas britânicos, mas na ocasião ela foi incorretamente interpretada como sendo o resíduo de materiais utilizados na fixação das células em estudo.

A equipe da UFMG e seus colegas norte-americanos conseguiram confirmar que se tratava de uma organela nuclear com o uso de um microscópio eletrônico especial, que, ao contrário dos outros modelos, permite visualizar células vivas.

Fontes:
MELO, A. Elucidação de nova estrutura celular tem participação brasileira. *Ciência Hoje online*, jun. 2003. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/biologia/elucidacao-de-nova-estrututra-celular-tem/>. Acesso em: 11 mar. 2016.

ECHEVARRIA,W.; LEITE, M. F.; GUERRA, M. T.; ZIPFEL, W. R.; NATHANSON, M. H. Regulation of calcium signals in the nucleus by a nucleoplasmic reticulum. *Nature Cell Biology*, v. 5, maio 2003, p. 440-446.

Página 226

CURIOSIDADE

Alterações no número cromossômico

Denomina-se ploidia o número de conjuntos cromossômicos completos de uma célula. A haploidia (n) corresponde ao conjunto básico de cromossomos

(um de cada tipo); na espécie humana, os gametas são haploides. As células somáticas humanas são diploides (2n), ou seja, possuem dois cromossomos de cada tipo.

A célula que possui o número completo de cromossomos, característico da espécie, é chamada euploide. Células diploides e haploides são, portanto, euploides. Mas existem os euploides aberrantes, que possuem alterações no conjunto cromossômico.

A poliploidia é um exemplo de euploidia aberrante, na qual a célula, ou todas as células de um indivíduo, possui mais de dois conjuntos cromossômicos completos. De acordo com o número de cópias, a célula poliploide é chamada triploide (3n), tetraploide (4n) e assim por diante.

Seres poliploides são comuns entre as plantas, e correspondem a diversas variedades consumidas como alimento. Os poliploides são, em geral, maiores do que os seres diploides correspondentes. Um exemplo é o trigo da espécie *Triticum aestivum*, um hexaploide derivado naturalmente a partir de uma espécie tetraploide e uma diploide. Existem plantas cuja poliploidia resulta de cruzamentos feitos pelo ser humano.

Entre os animais, são comuns os casos de populações poliploides em alguns peixes, anfíbios e répteis. Geralmente, os híbridos poliploides são estéreis.

Além da euploidia aberrante, existe a aneuploidia, em que o número de cromossomos da célula (ou das células de um indivíduo) difere do número padrão para a espécie. Geralmente há um cromossomo a mais ou a menos. Para os autossomos em espécies diploides, existem as possibilidades:

- 2n + 1 = trissomia;
- 2n – 1 = monossomia;
- 2n – 2 = nulissomia.

A causa da maioria das aneuploidias é a não disjunção de cromossomos homólogos na meiose e a formação de gametas com número anormal de cromossomos.

Os cariótipos permitem detectar síndromes causadas por alterações numéricas nos cromossomos. Certos tipos de câncer também são caracterizados pelo surgimento de células aneuploides, resultado da rápida proliferação das células tumorais, e o cariótipo dessas células pode auxiliar no diagnóstico.

Fonte:
GRIFFITHS, A. J.; WESSLER, S. R.; LEWONTIN, R. C.; CARROLL, S. B. *Introdução à Genética*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008, p. 475-485.

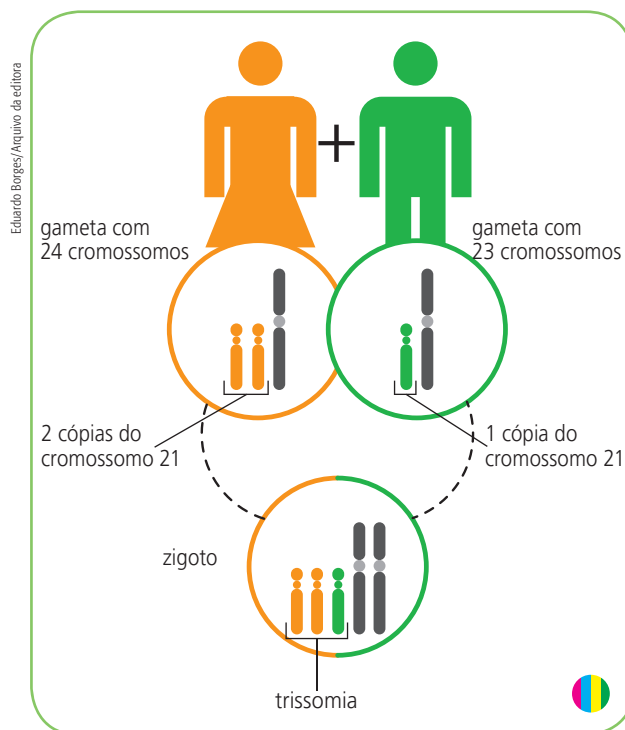
Página 227

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

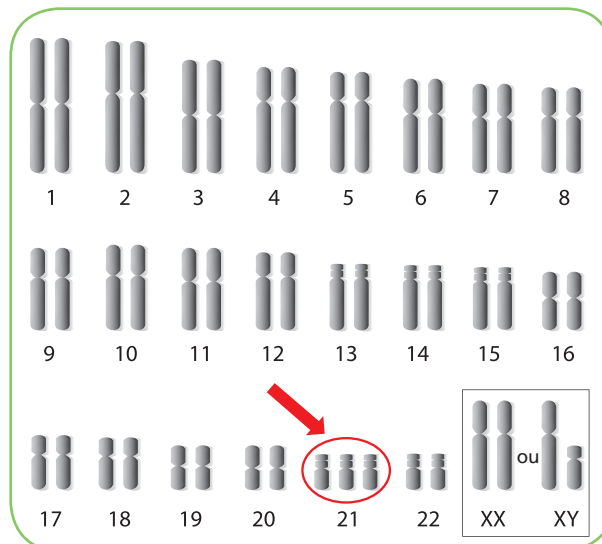
Síndrome de Down

a) Sugestão de esquema representando a formação de um zigoto com trissomia do cromossomo 21, a partir de um óvulo com trissomia:

Eduardo Borges/Arquivo da editora

As figuras estão representadas em diferentes escalas.

Esquema ilustrando a formação de zigoto com trissomia do cromossomo 21. Para efeito de comparação foi representado um outro cromossomo do conjunto de 23 tipos do cariótipo humano.

Cariótipo de uma pessoa com síndrome de Down:

Alila Medical Media/Shutterstock

c) A atividade proposta pode ter a participação de professores de outras disciplinas, dos coordenadores

pedagógicos e até mesmo dos pais e da comunidade em torno da escola. Sugerimos como referência para a troca de ideias a educação para os direitos humanos e a promoção da cultura de paz. Este último conceito foi definido a partir de 1999 pela Unesco e envolve 8 pilares:

- 1. educação para a cultura de paz;
- 2. tolerância e solidariedade;
- 3. participação democrática;
- 4. fluxo de informações;
- 5. desarmamento;
- 6. direitos humanos;
- 7. desenvolvimento sustentável;
- 8. igualdade de gêneros.

A cultura de paz abarca a noção de direitos humanos, que muitas vezes não está presente no currículo escolar. Como parte das ações educativas, especialistas consideram fundamental a troca de ideias, a identificação das formas de violência presentes na comunidade escolar e a análise dos motivos ou circunstâncias envolvidos. Neste sentido, a atividade proposta pode colaborar com o início de uma ação educativa para promoção da cultura de paz na escola.

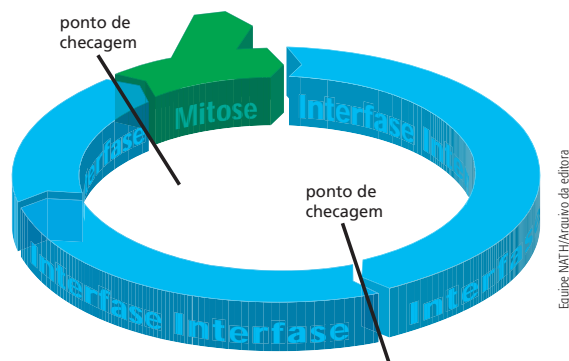
Saiba mais:
DUPRET, L. Cultura de paz e ações sócio-educativas: desafios para a escola contemporânea. *Psicologia Escolar e Educacional*, v. 6, n. 1, Campinas, jun. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-85572002000100013>.
FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS. Educar para os direitos humanos. *Difusão de Ideias*. Dez. 2006. Disponível em: < http://www.fcc.org.br/conteudosespeciais/difusaoideias/pdf/entrevista_educar_direitos_humanos.pdf>.
INFOJOVEM. Cultura de Paz. Disponível em: <http://www.infojovem.org.br/infopedia/descubra-e-aprenda/cultura-de-paz/>.
Acessos em: 25 mar. 2016.

Página 230

Leitura

2) O ciclo celular e o câncer

a) As células apresentam um complexo mecanismo que regula o ciclo celular, coordenado por genes. Alguns desses genes determinam a síntese de proteínas que “checam” as condições da célula e do material genético durante a interfase em momentos específicos (na passagem de G1 para S e da fase G2 para o início da mitose), detectando e reparando erros que poderiam permanecer nas células-filhas caso a divisão celular se completasse. Alterações nesses genes podem levar ao aparecimento de células tumorais.

Equipe NATH/Arquivo da editora

b) Os genes responsáveis por estimular a divisão celular são chamados de “proto-oncogenes”. Existem também os “antioncogenes” ou genes supressores de tumor, que determinam a síntese de proteínas envolvidas na inibição da divisão celular. Fazendo uma comparação simplificada, os proto-oncogenes seriam como o acelerador de um carro, enquanto os genes supressores de tumor seriam os freios.

Trabalhando em conjunto, esses genes determinam o ritmo das divisões celulares de um tipo de célula. No corpo humano, por exemplo, existem células com grande capacidade de divisão, como as células da pele, que se dividem em intervalos de poucas horas, e células que depois de diferenciadas não mais se dividem, como parece ser o caso dos neurônios.

Mutações nos genes envolvidos no controle do ciclo celular levam à proliferação descontrolada da célula, o que pode resultar em tumor ou câncer. O câncer difere dos outros tumores porque suas células alteradas estimulam a formação de vasos sanguíneos ao seu redor, o que possibilita a chegada de mais nutrientes à região e também o transporte de células tumorais pelo sangue até outros tecidos do organismo.

Se a mutação ocorre em um proto-oncogene, seu efeito estimulador da divisão celular é acentuado – é como se o pedal do acelerador estivesse permanentemente pressionado. O gene passa a ser chamado de oncogene.

Se a mutação ocorre em um gene supressor de tumor, a célula pode apresentar crescimento descontrolado devido à perda dos mecanismos que inibiriam a divisão celular – é como se os freios não mais funcionassem.

As mutações nos genes mencionados podem ser hereditárias e/ou causadas por fatores mutagênicos, como a radiação.

Os medicamentos utilizados nas terapias contra o câncer agem no ciclo celular tentando controlar a ação dos oncogenes. Existem drogas que atuam na fase G1, na fase S ou na fase G2 da interfase, impedindo que a célula cancerosa prossiga no ciclo celular e entre em mitose.

Fonte:
ALBERTS, B. et al. *Biologia molecular da célula*. 4. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2002.

Respostas às atividades

Revendo e aplicando conceitos

1. a) Objetivo do experimento: verificar a participação do núcleo na sobrevivência de uma célula. Hipótese: o pedaço da ameba que ficar sem o núcleo não vai sobreviver. Conclusão: o núcleo tem participação fundamental no controle de atividades da célula, pois, em sua ausência, a estrutura não sobrevive.

1. b) O resultado deve ser observado dentro das condições experimentais. Ele é válido para a situação-teste. A conclusão é uma afirmação mais ampla, feita com base na comparação do resultado com as hipóteses formuladas inicialmente e com dados de outras pesquisas científicas.

2. a) Os genes estão sempre presentes na célula. Justificativa: as estruturas que se formam durante a divisão celular são os cromossomos. Os genes estão presentes no DNA, que existe no núcleo da célula na forma de cromatina, durante a interfase.

2. b) Cada cromossomo abriga diversos genes. Justificativa: cada cromossomo corresponde a uma molécula de DNA e os genes são regiões dessa molécula.

2. c) O núcleo pode ser cêntrico ou excêntrico. Justificativa: embora seja comum representarmos o núcleo no centro da célula, isso não ocorre em todos os tipos celulares.

2. d) O número de cromossomos é o mesmo em todas as células somáticas dos indivíduos da mesma espécie. Justificativa: as exceções dentro de uma espécie são os indivíduos portadores de trissomias ou monossomias.

7. Justificativa: o núcleo é uma estrutura da célula eucariótica. Os cromossomos estão contidos no núcleo, que também possui carioplasma, nucléolo e outras estruturas. Um cromossomo corresponde a uma molécula de DNA associada a proteínas. O DNA pode conter centenas de locos gênicos, que são regiões do cromossomo que determinam as características do organismo.

8. Tabela comparativa entre mitose e meiose:

Mitose	Meiose
Formação de duas células-filhas	Formação de quatro células-filhas
Ocorre na produção de células somáticas	Ocorre na formação de células reprodutoras (nos animais: gametas)
As células-filhas são diploides	As células-filhas são haploides
Apresenta uma divisão celular	Apresenta duas divisões consecutivas, uma reducional e outra equacional

Trabalhando com gráficos

12. c) Descrição das fases da mitose:

Fase da mitose	Principais eventos
Prófase	• Condensação dos cromossomos. • Desaparecimento do nucléolo. • Migração dos centros celulares e formação das fibras polares. • Rompimento da carioteca.
Metáfase	• Alinhamento dos cromossomos na placa equatorial. • Condensação máxima dos cromossomos.
Anáfase	• Divisão dos centrômeros. • Migração dos cromossomos-filhos para os polos da célula.
Telófase	• Descondensação dos cromossomos. • Reorganização do nucléolo e da carioteca. • Desaparecimento do fuso mitótico.

Ciência, Tecnologia e Sociedade

13. Os alunos podem consultar revistas e *sites* de divulgação científica, buscando informações a respeito da importância dos exames pré-natais antes da discussão e elaboração da resposta. No caso das síndromes causadas por anomalias cromossômicas, a detecção durante a gestação permite o aconselhamento e a preparação dos pais nos cuidados especiais que serão necessários com o bebê.

14. Esta atividade relaciona três conceitos distintos, muitas vezes confundidos pelo senso comum: o sexo biológico, a orientação sexual e a identidade de gênero. Trata-se de um tema interdisciplinar, pois envolve conhecimentos biológicos, antropológicos, históricos e culturais.

Do ponto de vista biológico, vamos comentar a respeito da determinação do sexo biológico, ou seja, o desenvolvimento das características orgânicas relacionadas aos sexos masculino e feminino, dadas pelas gônadas e pela secreção hormonal. As pesquisas em biologia molecular procuram definir o que leva ao desenvolvimento de gônadas femininas ou masculinas no embrião, com a identificação, até o momento, de diversos genes envolvidos:

> Foi somente na década de 1950 que o papel do cromossomo Y começou a ser ressaltado. A princípio, acreditava-se que o cromossomo Y fosse necessário e suficiente para a determinação do testículo, mas logo a experiência clínica incumbiu-se de mostrar situações em que, apesar do Y, o testículo não se desenvolvia (mulher XY). Por outro lado, sua ausência não impedia o desenvolvimento testicular (homem XX). [...] A descoberta de uma região no braço curto do cromossomo Y (região 1 A 1, com 35kb), por técnicas de biologia molecular, vem finalmente desvendar a região de determinação testicular (SRY) há muito procurada. No entanto, o que parecia ser o final de um longo e árduo caminho para desvendar os mecanismos de determinação gonadal, era, na verdade, o início de uma nova era de descobertas de uma verdadeira cascata de diferenciação sexual, implicando genes ligados ao cromossomo X e genes autossômicos. (DAMIANI et al., 2000)

É importante notar como não existem apenas duas possibilidades biológicas para a determinação do sexo, pois existem homens com cariótipo XX e mulheres com cariótipo XY. Além disso, existem os casos de hermafroditismo.

A orientação sexual também não possui apenas duas possibilidades: heterossexual e homossexual. Entre esses dois polos, existem outras possibilidades referentes ao desejo sexual sentido por uma pessoa. Esta característica pode ter um componente genético, apesar de não ter sido encontrado um gene da sexualidade (veja *link* do Centro de Pesquisa sobre o Genoma Humano e Células-tronco, da Universidade de São Paulo).

Até pouco tempo atrás, a orientação homossexual era considerada um crime em diversos países – e isso ainda é realidade em alguns deles, como a Arábia Saudita e o Irã.

Em 1950, no Reino Unido, a alternativa à prisão era a "castração química", um tratamento hormonal com o objetivo de causar perda de libido. O matemático britânico Alan Turing, que fez contribuições fundamentais para o desenvolvimento de computadores, foi condenado, em 1952, por ser homossexual, e aceitou o tratamento hormonal. Deprimido, cometeu suicídio dois anos depois. Em 2013, a rainha Elizabeth II o absolveu, reconhecendo o papel que Turing teve na Ciência e na vitória sobre a Alemanha na 2ª Guerra Mundial – Turing decifrou os códigos usados na comunicação militar dos alemães.

E quanto à identidade de gênero? Ela é uma construção psicológica individual e geralmente se manifesta desde a infância, com a identificação da pessoa como sendo homem ou mulher, dentro dos modelos estabelecidos, em uma determinada cultura ou sociedade, do que é masculino ou feminino. O gênero não é determinado pela orientação sexual, ou vice-versa.

A identidade de gênero tem a ver com o modo como cada pessoa se reconhece. Ela pode ter nascido sendo do sexo biológico masculino, mas se reconhecer como mulher – ou o contrário. Os transexuais são um exemplo desta possibilidade de expressão humana.

Um terceiro pilar da sexualidade humana é denominado "papel de gênero" e tem relação com a maneira como cada indivíduo se expressa em termos das roupas que gosta de usar, modo de falar etc. Uma pessoa nascida do sexo feminino pode gostar de homens (orientação heterossexual) e se vestir de maneira masculina, usando roupas e adereços que nossa sociedade atribui aos homens. No livro "Diferentes Desejos", de Claudio Picazio, explica-se de forma simples para jovens e adultos esses três pilares da expressão da sexualidade: orientação sexual, identidade de gênero e papel de gênero. Respeitar essas diferentes dimensões tem a ver com abandonar o padrão binário que geralmente se estabelece e aceitar que as possibilidades de expressão humana possíveis são muitas.

Uma abordagem desses temas em sala de aula deve ser isenta de preconceitos, utilizando-se linguagem clara e direta. Existem livros e *sites* com tal abordagem, direcionados aos jovens, que podem facilitar a transmissão dos conceitos relacionados. Existem também muitas associações e ONGs brasileiras dedicadas ao combate à homofobia e à luta pela igualdade de gêneros. Uma sugestão é entrar em contato com uma organização da região onde fica a escola e solicitar a visita de uma pessoa para conversar com a turma sobre o tema.

É fundamental lembrar aos alunos de que o respeito e a tolerância são valores que atualmente norteiam a sociedade do nosso país. Embora nem todos os indivíduos tenham uma postura não preconceituosa e solidária em relação às pessoas com orientação sexual diferente da heterossexual, no Brasil existem leis que coíbem e punem pessoas e instituições que cometerem violência ou preconceito contra essa população. Discutir o assunto e demonstrar aos jovens a

importância de ser solidário com as pessoas, independentemente de sua condição (o que inclui orientação sexual, pessoas com doenças genéticas, com necessidades especiais, idosos, outro gênero etc.) é fortalecer o pacto contra quaisquer formas de violência e colaborar para uma sociedade mais justa e igualitária.

DISQUE DIREITOS HUMANOS 100

Os casos de violações de direitos humanos (inclusive em *sites* e redes sociais) contra deficientes físicos, idosos e combate à homofobia, entre outros, podem ser denunciados no "Disque 100 – Direitos humanos". Saiba mais em: <http://www.sdh.gov.br/disque-direitos-humanos/disque-direitos-humanos>. Acesso em: 01 maio 2016.

A seguir estão algumas referências que indicamos para a leitura dos alunos e as fontes para o seu aprofundamento.

Leituras para os alunos:

CENTRO DE PESQUISA SOBRE O GENOMA HUMANO E CÉLULAS-TRONCO. O gene *gay*. Disponível em: <http://www.ib.usp.br/biologia/projetosemear/estanodna/sexualidade.html>.

INSTITUTO CIÊNCIA HOJE. *Ciência Hoje na Escola* v. 11: Sexualidade. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2007.

Fontes:

Ação educativa. Orientação sexual e a identidade de gênero na escola. Disponível em: <http://www.acaoeducativa.org.br/fdh/wp-content/uploads/2015/11/Orientação-sexual-e-a-identidade-de-gênero_GDE.pdf>.

DAMIANI, D.; DICHTCHEKENIAN, V.; SETIAN, N. O Enigma da Determinação Gonadal – O que existe além do cromossomo Y? *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, v. 44, n. 3, São Paulo, jun. 2000. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27302000000300010>.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, CONSELHO NACIONAL DE COMBATE À DISCRIMINAÇÃO. *Brasil sem homofobia*. Brasília: Ministério da Saúde, 2004. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/brasil_sem_homofobia.pdf>.

Acessos em: 29 mar. 2016.

PICAZIO, C. *Diferentes desejos*. 1. ed. São Paulo: GLS, 1998.

UNIDADE 3

Embriologia e histologia animal

CAPÍTULO 11 – Embriologia animal

CAPÍTULO 12 – Histologia animal

Objetivos gerais da unidade

Nesta unidade pretende-se que os alunos entendam como ocorre a formação de gametas nos animais, por meiose, e o significado da fecundação. Após a fecundação, passa-se naturalmente ao processo seguinte, que é o desenvolvimento embrionário. Pretende-se que as principais etapas da vida embrionária de um animal sejam compreendidas. Os alunos devem compreender que, a partir de um zigoto, formam-se, por mitoses sucessivas, as demais células do corpo de um animal. Essas células possuem, portanto, o mesmo patrimônio genético do zigoto, que é a célula inicial. Uma vez compreendido isso, pretende-se que os alunos relacionem o processo de diferenciação celular que ocorre na origem dos diferentes tecidos à ativação diferencial de genes.

A diferenciação celular resulta a formação dos vários tecidos, que compõem os órgãos e sistemas. Assim passamos do estudo da Embriologia à Histologia, pretendendo-se que os alunos entendam essa relação entre elas e tenham uma visão holística do conteúdo que está sendo estudado. Em Histologia pretende-se que os alunos relacionem formas e funções das células, as principais funções dos tecidos e como eles se constituem nos órgãos, de maneira a compreenderem a organização do corpo de um animal.

As noções de Embriologia são fundamentais para entender relações de parentesco e classificação dentro do reino animal, e serão retomadas no estudo dos seres vivos (tema do volume 2 desta coleção).

A histologia e o desenvolvimento de plantas são temas abordados no volume 2 desta coleção.

Abertura da unidade

UNIDADE 3 Embriologia e histologia animal

Como uma única célula, formada a partir da união de um óvulo com um espermatozoide, dá origem a um organismo multicelular, com toda a sua complexidade? Esse é um exemplo de questão que pode iniciar uma conversa com os alunos, em que eles exponham suas concepções prévias a respeito do tema. O levantamento de conhecimentos prévios é um momento essencial para obter informações que poderão nortear seu planejamento das aulas e atividades.

No que o desenvolvimento embrionário humano se assemelha e se diferencia do de outros animais? O capítulo 11, que trata da embriologia animal, possui uma abordagem comparativa dos gametas, ovos e embriões de animais de diferentes grupos.

No processo de diferenciação celular, surgem células especializadas quanto a forma e a função, formando os diferentes tecidos. A histologia animal é tema do capítulo 12.

Tanto o desenvolvimento embrionário quanto a especialização de células se relacionam às células-tronco. A compreensão deste tema é fundamental para que os alunos acompanhem resultados de pesquisas e novos tratamentos envolvendo células-tronco, divulgados frequentemente pela mídia.

Assim como nas outras unidades, a abertura apresenta também algumas questões que serão abordadas nos capítulos.

CAPÍTULO 11

Embriologia animal

Comentários gerais

Um dos pré-requisitos para a compreensão do capítulo é o conceito de divisão celular, especialmente da meiose, que ocorre na formação dos gametas – tema abordado no capítulo 10.

É importante auxiliar os alunos na interpretação dos esquemas que representam etapas do desenvolvimento embrionário do anfioxo, reforçando que são ilustrações simplificadas e que os esquemas representam o embrião em corte. O modelo de estudo para a gastrulação e a organogênese costuma ser o anfioxo por ser mais simples do que o de outros cordados. No entanto, há uma breve descrição de características do desenvolvimento embrionário humano no final do capítulo. A reprodução humana é abordada com mais detalhes no volume 3 desta coleção.

Sugestões de atividades complementares

Página 241

Montagem de modelos: desenvolvimento embrionário

Proponha aos alunos a construção de modelos tridimensionais da mórula, da blástula e da gástrula, a partir de ovo oligolécito, utilizando massa de modelar. Oriente os alunos a representarem essas fases baseando-se nos esquemas apresentados no capítulo:

- Mórula (p. 241 do livro): maciço de células esféricas grandes. Conte aos alunos que o termo “mórula” deriva de palavra que significa “amora”, pela semelhança em seu aspecto, visualizado ao microscópio.
- Blástula (p. 242 do livro): os alunos devem representar primeiramente em corte, modelando meia esfera oca. Depois devem repetir o procedimento e unir as duas metades, tendo noção tridimensional do modelo de blástula, a fim de que o corte representado na ilustração do capítulo seja bem compreendido.
- Gástrula (p. 242 do livro): utilizando o mesmo modelo feito para a blástula, os alunos devem promover a “invaginação dos blastômeros” com os dedos, comprimindo a “blastocele” e formando o “blastóporo”. Em seguida, devem repetir o procedimento com a outra metade e unir as duas, para que o modelo adquira aspecto tridimensional.

Após a montagem dos modelos, algumas questões podem ser feitas com o objetivo de avaliar as contribuições da atividade na interpretação dos esquemas e na compreensão das fases iniciais do desenvolvimento embrionário.

Página 249

Bioética e reprodução humana

Sugerimos um debate a respeito das relações éticas que envolvem a reprodução humana. Qual é a opinião dos alunos a respeito da fecundação assistida (fertilização *in vitro*)? E a respeito do aborto? Tais questões estão presentes na mídia e são discutidas por instituições da sociedade civil e pelo governo para reformulações de leis acerca desses temas. Os alunos do Ensino Médio têm condições de refletir e participar dessas discussões, sabendo posicionar-se e respeitar as opiniões alheias. O texto a seguir oferece alguns subsídios ao debate.

Bioética e reprodução humana

Um assunto sempre importante, pelos seus aspectos relacionados a ética, a moral e questões legais, é o aborto. Independentemente da questão legal, existem nesta situação conflitos entre a autonomia, a beneficência, a não maleficência e a justiça da mãe, do feto e do médico. Os julgamentos morais sobre a justificativa do aborto dependem mais das convicções sobre a natureza e desenvolvimento do ser humano do que das regras e princípios. Muitas vezes a discussão é colocada apenas sob o prisma reprodutivo quando, na realidade, deveriam incluir o acesso ao sistema de saúde e os impedimentos legais para a realização do procedimento de interrupção da gestação. Um dos desafios desta discussão é não permitir que este tema seja banalizado em suas consequências pessoais e para terceiros. Sem dúvida alguma, o aborto é um dos temas mais difíceis e polêmicos da reflexão em Bioética. Em junho de 2011 foi revelado o dado de que anualmente cerca de 50 gestações resultantes de procedimentos de reprodução assistida realizados na Inglaterra são interrompidas a pedido da mãe. Metade destas mulheres justificam o seu pedido de interrupção pela separação do casal ou por medo da maternidade. […]

As tentativas de realizar procedimentos de reprodução medicamente assistida foram iniciadas no final do século XVIII. Porém, somente em 1978 estes procedimentos ganharam notoriedade com o nascimento de Louise Brown, na Inglaterra, que foi o primeiro bebê gerado in vitro.

Os aspectos éticos mais importantes que envolvem questões de reprodução humana assistida são os relativos à utilização do consentimento informado; a seleção de sexo; a doação de espermatozoides, óvulos, pré-embriões e embriões; a comercialização de gametas; a seleção de embriões com base na evidência de doenças ou problemas associados; a troca de embriões no procedimento de transferência; a maternidade substitutiva; a redução embrionária; a clonagem; pesquisa e criopreservação (congelamento) de embriões, incluindo a produção de quimeras humanas. […]

Outra questão que está propondo desafios éticos é do prosseguimento de gestações em mães com critério de morte encefálica. Já existem casos relatados, no Brasil e em outros países, de situações onde a paciente ou seus familiares solicitam que todas as medidas de suporte vital sejam utilizadas para que a gestação possa resultar em um bebê viável. As equipes médicas podem atender a um demanda destas? Como fica o critério encefálico de morte nestas situações? Esta paciente, já considerada morta, continua sendo paciente, ou o seu bebe é que assume este *status? Neste caso, quando a mãe será considerada morta*? Estas questões merecem ser refletidas e discutidas nos seus aspectos mais amplos.

GOLDIM, J. R. Bioética e reprodução humana. Disponível em: <http://www.bioetica.ufrgs.br/biorepr.htm>. Acesso em: 11 mar. 2016.

Temas abordados: comentários e aprofundamentos

Página 236

Ovo

Muitas pessoas compreendem o termo *ovo* como o conjunto formado por casca, gema e clara, atribuindo-o à estrutura reprodutiva presente em aves e répteis. Diversos grupos animais produzem ovos como estruturas onde os embriões se desenvolvem. Os peixes e anfíbios, por exemplo, produzem ovos gelatinosos, sem casca, com reservas nutritivas consumidas pelo embrião ao longo de seu desenvolvimento.

É importante que os alunos percebam que, na embriologia animal, "ovo" é um termo mais amplo: trata-se de um óvulo fecundado de qualquer animal, sinônimo de zigoto.

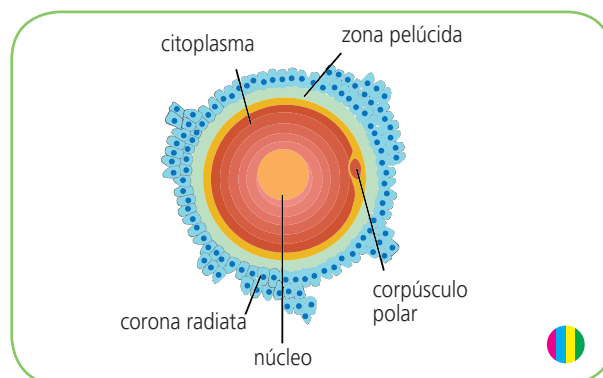
Página 237

Estrutura do gameta feminino humano

Nos vertebrados, o ovócito II é revestido pela membrana vitelina (ou envelope vitelino), externa à membrana plasmática. Trata-se de um revestimento de glicoproteínas, fundamental no processo de reconhecimento do espermatozoide.

Nos mamíferos, a membrana vitelina corresponde à zona pelúcida, uma espessa matriz extracelular que circunda a célula. Externamente à zona pelúcida, há uma camada de células derivadas do folículo ovariano, chamada de corona radiata.

Os espermatozoides, ao chegarem próximos ao ovócito II, tentam romper as barreiras da corona radiata e da zona pelúcida. Assim que um espermatozoide rompe a zona pelúcida, as fibras do fuso meiótico são ativadas e completa-se a meiose II, formando-se o óvulo propriamente dito.

ducu59us/Shutterstock

Representação esquemática da estrutura do óvulo humano.

Página 239

REÚNA-SE COM OS COLEGAS

Fecundação *in vitro*

Neste procedimento de reprodução assistida, a fecundação ocorre fora do corpo da mulher, em laboratório. A mulher recebe um tratamento hormonal que resulta na liberação de mais de um ovócito II por ciclo menstrual. Os ovócitos são recolhidos do útero e mantidos em placas de cultura, onde são colocados também os espermatozoides. Ocorre a fecundação dos óvulos, que se tornam zigotos. Após algumas clivagens, quando há um grupo de até 16 células em cada embrião, eles são implantados no útero da mulher, então em tratamento hormonal para desenvolvimento do endométrio.

A fertilização *in vitro* é um procedimento diferente da inseminação artificial, em que a mulher, em tratamento hormonal que promove a ovulação, recebe espermatozoides diretamente na cavidade uterina, por meio de um equipamento especial. Desse modo, aumentam as chances de fecundação e implantação, em mulheres que possuem problemas no colo do útero que dificultam a passagem dos espermatozoides.

Página 251

Parto

O parto normal:

- não é agendado;
- ocorrem as contrações uterinas e a progressiva dilatação do colo uterino;
- o feto e a mãe são monitorados para verificar suas condições de saúde;
- em casos de dor intensa, uma anestesia pode ser aplicada;
- a lavagem intestinal e a retirada dos pelos pubianos não são mais procedimentos rotineiros;
- em alguns casos (gestação com mais de 40 semanas, incompatibilidade de Rh ou rompimento prematuro da bolsa amniótica, por exemplo), pode ser realizada a indução ao parto com ocitocina;
- a saída do bebê ocorre pela vagina, expulso pelas contrações uterinas;
- em certos casos, podem ser feitas manobras para auxiliar a saída do bebê, executadas pelo(a) obstetra;
- a recuperação da mãe geralmente é mais rápida em relação ao parto por cesariana.

A cesariana:

- pode ser um procedimento de emergência, devido a problemas no parto, na saúde da mãe ou do bebê;
- pode ser agendada em gestações normais;
- o feto e a mãe são monitorados para verificar suas condições de saúde;
- a mãe recebe anestesia;
- é um procedimento cirúrgico;
- a saída do bebê ocorre pelo abdômen, a partir do corte cirúrgico;
- segundo a Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS), muitos recém-nascidos acabam sofrendo de problemas respiratórios devido a cesáreas agendadas e realizadas antes do início do trabalho de parto, uma fase em que o bebê ainda não está pronto para nascer. Surge a necessidade de internação do bebê em uma UTI neonatal e há interferência no início do aleitamento materno.

Ainda segundo a ANS, a cesariana é um procedimento que deve ser aconselhado pelo(a) médico(a).

Existe um programa de incentivo ao parto normal em hospitais públicos e particulares do Brasil. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o índice razoável de cesáreas é de 15% dos nascimentos. No Brasil, mais de 50% dos partos realizados anualmente são cirúrgicos. Considerando apenas a rede particular, os números são maiores: 84,6% dos partos foram cesáreos em 2012.

O parto humanizado, também conhecido como parto natural, é uma modalidade de parto normal no qual a anestesia e as manobras geralmente utilizadas em hospitais são evitadas.

Fontes:
Agência Nacional de saúde Suplementar. Parto é normal. Disponível em: <http://www.ans.gov.br/parto-e-normal>.
BRASIL. Gravidez, parto e nascimento com saúde, qualidade de vida e bem-estar. Brasília: Ministério da Saúde, 2013. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/gravidez_parto_nascimento_saude_qualidade.pdf>.
Acessos em: 26 mar. 2016.

Página 252

PENSE E RESPONDA

Formação de gêmeos

Na questão proposta, a formação dos quádruplos ocorre a partir de 3 óvulos, cada um fecundado por um espermatozoide. Assim, o aluno deve representar a formação de 3 zigotos. Um desses zigotos sofre separação em duas massas de células embrionárias, durante a segmentação, e dão origem a dois gêmeos monozigóticos.

Página 254

Leitura

1) Células-tronco: passado, presente e futuro

A pesquisa com células-tronco é uma área em grande desenvolvimento. Muitas discussões e descobertas, portanto, ainda estão por vir. Procure atualizar-se sobre o tema antes de iniciar a discussão da leitura com os alunos.

É importante salientar aos alunos que, em artigos científicos, as conclusões e possibilidades derivadas de um estudo são sempre cuidadosas, abordagem que nem sempre é adotada pela mídia. Veja como exemplo um artigo de revisão, publicado em uma revista de odontologia, a respeito das pesquisas com células-tronco da polpa dentária humana para formação de odontoblastos e regeneração estrutural dos dentes:

> [...] Entretanto, é necessário enfatizar que embora estas células tenham a capacidade de se diferenciar em odontoblastos, esta diferenciação só acontece na presença de mediadores químicos capazes de desencadear este processo. Em função disto, Wei et al. investigaram a capacidade de mineralização de células pulpares dentárias humanas e procuraram identificar marcadores em potencial para a diferenciação de odontoblastos. [...]
>
> Tais achados demonstram que, embora a formação completa de um elemento dentário *in vitro* ainda não tenha sido viabilizada pela engenharia de tecidos, avanços importantes têm sido alcançados na busca do entendimento dos mecanismos envolvidos neste processo. A descoberta de marcadores odontogênicos é de grande importância, uma vez que estes podem ser aplicados *in vivo*, como por exemplo em polpas dentárias expostas por trauma, com o objetivo de induzir a diferenciação de células pulpares em odontoblastos para a formação de dentina sobre a região exposta. (LEAL, 2007).

Sugerimos para seu aprofundamento o *site* do Laboratório Nacional de Células-tronco Embrionárias (LaNCE), da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e o programa "Roda Viva: Lygia da Veiga Pereira", realizado pela TV Cultura em 6/6/2005, mostrando a entrevista com a pesquisadora do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo e o debate sobre a aprovação da Lei Nacional de Biossegurança.

Saiba mais:

Laboratório Nacional de Células-tronco Embrionárias (LaNCE). Disponível em: <http://www.lance-ufrj.org>.

LEAL, S. C. Células-tronco derivadas de polpa dentária humana: propriedades e perspectivas. *Rev. Dent. Press Ortodon. Ortop. Facial* v. 12 n. 4, Maringá, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-54192007000400003>.

Roda Viva: Lygia da Veiga Pereira. Recomendação: livre. 85 min., cor. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5G4UFzkHGzc>.

Acessos em: 25 mar. 2016.

Página 255

2) Fecundação e hereditariedade

a) Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.): por volta dos 17 anos, Aristóteles passou a viver em Atenas, onde estudou na Academia de Platão até 347 a.C. Foi tutor de Alexandre, que mais tarde seria chamado de "o Grande". Em 335 a.C. voltou a Atenas, cidade-estado que, após a morte de Alexandre, foi palco de movimentos de independência. Os atenienses não tinham empatia por Aristóteles, o que o levou a exilar-se na ilha de Eubeia, onde morreu após um ano. Os pensamentos de Aristóteles voltaram-se a uma diversidade de conhecimentos humanos. Uma característica de seu "método" era a exploração de hipóteses a respeito de determinado assunto. Aristóteles analisava as hipóteses de maneira a mostrar suas fragilidades.

Anton van Leeuwenhoek (1632-1732): além de cientista e construtor de microscópios, foi vendedor, mas como passatempo dedicou-se à construção de um microscópio simples, que aumentava em cerca de 200 vezes a imagem de um objeto. Foi o primeiro pesquisador a observar e descrever protozoários e bactérias.

Karl Ernst von Baer (1792-1876): nasceu na atual República da Estônia. Atuou como geólogo, biólogo, meteorologista e médico, sendo considerado o fundador da embriologia. Criticou propostas evolucionistas de Darwin, apesar de também ser evolucionista.

Oscar Hertwig (1849-1922): zoólogo alemão, desenvolveu também estudos de embriologia comparada, sobretudo sobre o celoma. Defendeu ideias como a importância do núcleo celular na hereditariedade e a redução do número cromossômica na meiose. Entre suas observações, percebeu que na fecundação há entrada de um espermatozoide no ovócito II.

Lazzaro Spallanzani (1729-1799): padre, dedicou-se ao estudo de Ciências Naturais, principalmente em relação à teoria da geração espontânea, desenvolvendo experimentos para demonstrar que micro-organismos podem se mover pelo ar.

b) A participação das mulheres não somente na época de Leeuwenhoek, mas em praticamente toda a história da humanidade, tem sido prejudicada pelo sistema social. É importante discutir com os alunos que essa participação incipiente não se deve a incapacidades intelectuais das mulheres, mas sim a diversos obstáculos impostos pela sociedade. Há

sociedades que, ao valorizarem os direitos dos homens, subtraem os direitos das mulheres. Isso pode ser demonstrado em termos financeiros, por exemplo, já que há situações em que homens são mais bem remunerados em um trabalho cumprindo as mesmas funções que as mulheres. Elas vêm conquistando espaço em diversas sociedades, porém, ainda precisam ser muito mais valorizadas.

Além disso, nem sempre as mulheres têm acesso às mesmas condições de estudo que os homens e, quando isso ocorre, muitas vezes elas precisam somar ao estudo as tarefas domésticas e os cuidados com a família. Esse papel social tradicional atribuído à mulher gera desvantagens que podem se revelar como sua menor participação na ciência e nos espaços do poder. Atualmente, na comunidade científica, esse processo vem sendo revertido e existem muitos exemplos de pesquisadoras de destaque no Brasil e em outros países.

c) Resposta pessoal. É importante que os alunos percebam que o desenvolvimento de conhecimentos científicos recebe influências não somente de fatores históricos e culturais, mas também de outros fatores, como sociais, políticos e econômicos. Assim, as duas questões são válidas, e uma não exclui a outra. Por outro lado, a Ciência não é aquela que somente recebe influências: ela também exerce influências sobre os contextos em que vivemos (seja histórico, cultural e social, entre outros). Nesse sentido, com o aprimoramento das lentes e dos métodos dos estudos científicos, as pessoas que acreditavam que o homem era o principal transmissor das características hereditárias puderam rever suas ideias.

Respostas às atividades

Revendo e aplicando conceitos

5. A segmentação holoblástica, em que todas as regiões do ovo sofrem divisões, ocorre em ovos com pouco vitelo (alécitos, oligolécitos e heterolécitos). O ovo heterolécito possui vitelo distribuído de maneira desigual, e a segmentação gera células de tamanhos diferentes: os micrômeros, com menos vitelo, e os macrômeros, nos quais se acumula mais vitelo. A segmentação meroblástica ocorre em ovos ricos em vitelo (telolécitos e centrolécitos), e apenas a região do ovo onde não há vitelo sofre divisão celular.

8. Os peixes ovíparos, assim como as aves e os répteis, produzem ovos ricos em material nutritivo (vitelo). O vitelo, depois do desenvolvimento inicial do embrião, fica armazenado na vesícula vitelínica. Os mamíferos produzem ovos praticamente desprovidos de vitelo e a vesícula vitelínica não é desenvolvida.

10. b) O desenvolvimento embrionário dos peixes e dos anfíbios ocorre no meio aquático. Seus ovos gelatinosos, sem casca, não sobrevivem em ambiente sem umidade. Nos anfíbios, muitas espécies apresentam larvas aquáticas. Os embriões de répteis também se desenvolvem em meio "aquático", representado pelo líquido amniótico, que permite o desenvolvimento dentro de um ovo com casca. Assim, os répteis foram os primeiros vertebrados na escala evolutiva a conquistar definitivamente o ambiente terrestre. Aves e mamíferos, descendentes de linhagens de répteis primitivos, também apresentam âmnio e independem da água do ambiente para o desenvolvimento embrionário.

12. Sugerimos que os alunos organizem a resposta em uma tabela, como se vê a seguir:

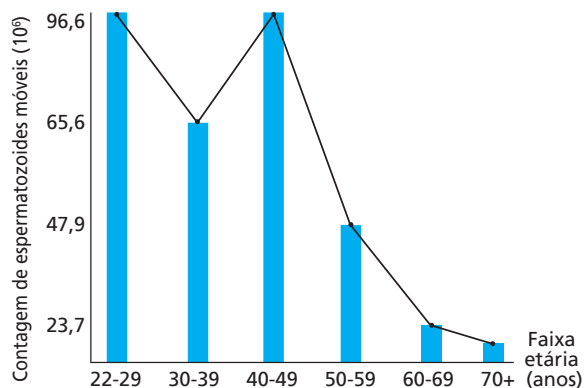
Animal	Tipo de ovo	Tipo de segmentação	Folhetos embrionários	Desenvolvimento do blastóporo
Besouro, um inseto	Centrolécito	Meroblástica superficial	3	Protostômio
Jabuti, um réptil	Telolécito	Meroblástica discoidal	3	Deuterostômio
Camarão, um crustáceo	Centrolécito	Meroblástica superficial	3	Protostômio
Beija-flor, uma ave	Telolécito	Meroblástica discoidal	3	Deuterostômio
Rã, um anfíbio	Heterolécito	Holoblástica desigual	3	Deuterostômio
Golfinho, um mamífero	Alécito	Holoblástica igual	3	Deuterostômio
Estrela-do-mar, um equinodermo	Oligolécito	Holoblástica igual	3	Deuterostômio
Onça, um mamífero	Alécito	Holoblástica igual	3	Deuterostômio

Trabalhando com gráficos

13. c) A espermatogênese inicia-se na puberdade do homem e prossegue ao longo da vida. A produção de espermatozoides geralmente sofre uma queda ao longo dos anos, mas não cessa, como ocorre com as mulheres, que atingem a menopausa.

Veja a seguir um esboço de gráfico representando a produção de gametas masculinos ao longo da vida de um homem com essa função normal:

Produção de espermatozoides na vida do homem

Contagem de espermatozoides móveis (10^6)
96,6
65,6
47,9
23,7
22-29 30-39 40-49 50-59 60-69 70+
Faixa etária (anos)

Equipe NATH/Arquivo da editora

Fonte:
ESKENAZI, B. et al. The association of age and semen quality in healthy men. *Humam reproduction* v. 18, n. 2, 2002, p. 447-454.

Ciência, Tecnologia e Sociedade

16. a) Ao pesquisar a respeito das células-tronco embrionárias e as discussões na sociedade brasileira, os alunos perceberão que existem dois grupos de opiniões distintas: os que defendem a realização de pesquisas com células-tronco embrionárias e os que são contrários à utilização dessas células em estudos científicos. Os alunos devem procurar argumentos desses dois grupos, identificando os motivos da polêmica envolvendo as células-tronco.

16. b) Os alunos devem procurar informações a respeito do destino dos embriões congelados em clínicas de reprodução assistida. Por lei, esses embriões não podem ser descartados e, mantidos em tanques de nitrogênio líquido, podem durar por tempo indefinido. No entanto, depois de três anos do congelamento, os embriões são considerados inviáveis para implantação em útero, não podendo ser utilizados para fertilização *in vitro*. A partir de informações como essas, os alunos devem refletir e discutir a respeito de qual deveria ser o destino dos embriões congelados.

Segundo o Portal Brasil, em relação à doação para pesquisa de células-tronco, em 2012 foram doados 315 embriões em nosso país.

Fonte:
PORTAL BRASIL. Reprodução assistida no Brasil atinge boas taxas de fertilização. 11 set. 2013. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/saude/2013/09/reproducao-assistida-no-brasil-atinge-boas-taxas-de-fertilizacao>. Acesso em: 25 mar. 2016.

Questões do Enem e de vestibulares

20. (1) Acrossomo: bolsa derivada do complexo golgiense que contém enzimas capazes de provocar a ruptura da membrana do óvulo.

(2) Núcleo: contém o material genético paterno, que, ao se juntar com o material genético do óvulo, originará um zigoto diploide.

(3) Mitocôndrias: organelas que produzem energia necessária para a movimentação do flagelo.

(4) Flagelo: estrutura de locomoção que permite ao espermatozoide chegar até o óvulo.

Observação: apenas o núcleo do espermatozoide penetra o óvulo e participa da formação do zigoto. A peça intermediária, onde se localizam as mitocôndrias, e o flagelo não entram em contato com o citoplasma do óvulo e degeneram.

CAPÍTULO 12
Histologia animal

Comentários gerais

O capítulo procura mostrar relação entre o que foi discutido nos estudos de embriologia animal e a diferenciação dos tecidos, privilegiando a associação entre forma e função das células em um tecido. Optou-se por discutir noções básicas dos diferentes tipos de tecidos sem apresentar detalhes desnecessários para esse nível de escolaridade.

Este capítulo reforça a importância da microscopia no estudo dos organismos, assunto comentado na unidade 2. É importante esclarecer aos alunos que as imagens de tecidos são de cortes histológicos, ou seja, correspondem à visualização, ao microscópio, de estruturas bidimensionais, seguindo o plano do corte feito no tecido. O exercício de imaginar o tecido tridimensionalmente, ou representar por meio de um modelo, é interessante para esse aprendizado.

Sugestões de atividades complementares

Página 259

Elaboração de texto sobre vantagens da multicelularidade

Proponha aos alunos a elaboração de um texto que discuta as vantagens da multicelularidade

ao longo da evolução. Os alunos poderão discutir nos textos dois pontos:

- o aumento de diversidade de formas e funções favoreceu o desenvolvimento de diferentes adaptações;
- o desenvolvimento de órgãos especializados e o aumento do aproveitamento de energia e de independência quanto ao meio externo, incluindo os mecanismos que favorecem o equilíbrio interno (homeostasia).

Página 270

Reflexão sobre a importância dos exercícios físicos para a saúde

Em parceria com os professores de Educação Física, discuta com os alunos a importância de adotarem práticas regulares de exercícios físicos com a orientação de um profissional da área. É essencial que os alunos reconheçam as práticas que mais lhes são favoráveis em termos de saúde e que também lhes satisfaçam em um sentido mais amplo, e que em cada prática identifiquem os ganhos para sua saúde, incluindo os tecidos e órgãos envolvidos. Com isso, os alunos poderão fundamentar suas escolhas em relação à prática de exercícios físicos.

Página 272

Pesquisa a respeito de substâncias psicoativas

Neste capítulo, o estudo sobre o tecido nervoso pode ser contextualizado com a questão das substâncias psicoativas.

Solicite aos alunos que busquem informações em livros e revistas de divulgação científica a respeito das drogas psicoativas, que atuam nas sinapses nervosas e podem causar dependência química e psicológica, além de outros problemas graves para a saúde. Nesse sentido, é importante que os alunos pesquisem sobre:

- a atuação dos princípios ativos da droga nas sinapses nervosas;
- os efeitos sentidos a curto prazo;
- os riscos para a saúde a curto e a longo prazos.

Os alunos podem reunir-se em duplas ou trios e cada equipe pode coletar informações sobre uma droga diferente: cigarro (ou substâncias presentes no cigarro), álcool, maconha, cocaína ou *ecstasy*. Na data combinada, as equipes devem apresentar seminários dos quais toda a turma pode participar com perguntas, opiniões e informações adicionais. Ao final das apresentações, estimule os alunos a conversar sobre o que motiva as pessoas a usarem drogas, tais como a vontade de experimentar sensações novas, o medo de dizer "não" aos apelos de amigos, entre outros fatores. É importante que a coordenação da escola esteja ciente do planejamento da atividade, pois outros professores podem estar interessados em participar do desenvolvimento do tema.

Sugerimos que você esclareça os alunos quanto aos aspectos do seminário que serão avaliados. A preparação dos seminários deve incluir não apenas uma apresentação oral, mas também um registro das informações, com a citação das fontes consultadas. Antes da data marcada para os seminários, avalie, junto com as equipes, o relatório escrito, discutindo pontos que precisam ser mais pesquisados, entre outras questões. A partir dessa avaliação, as equipes devem rever seus trabalhos e preparar as apresentações orais.

O tema das drogas psicoativas deve ser abordado em diversos momentos ao longo da vida escolar, envolvendo toda a equipe pedagógica da escola em um trabalho preventivo. Esse assunto é retomado e aprofundado no volume 3 desta coleção.

Como fonte de consulta, recomendamos:

- Centro Brasileiro de Informações sobre Drogas Psicotrópicas/CEBRID, disponível em: <www.cebrid.epm.br>.
- Fundação Oswaldo Cruz, disponível em: <www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/infantil/drogas_licitas.html>.

Acessos em: 11 mar. 2016.

Página 277

Leitura

2) Como a Histologia pode ajudar a desvendar o comportamento de um animal?

Nas regiões da atmosfera em que a camada de ozônio se torna menos espessa, o nível de radiação ultravioleta que atinge a superfície terrestre é maior. Os raios UV prejudicam as células e são capazes de causar mutações gênicas. No caso da espécie humana, as células diretamente atingidas por tal radiação são as da epiderme, quando não protegidas por filtro solar. Assim, aumentam os casos de câncer de pele em regiões afetadas pelo buraco na camada de ozônio. No câncer de pele, células tumorais da epiderme proliferam e invadem a derme, podendo atingir vasos sanguíneos.

Respostas às atividades

Revendo e aplicando conceitos

2. Tecido conjuntivo denso = maior quantidade de fibras, muito compactas; ocorre nos tendões e na derme. Tecido conjuntivo frouxo = menor quantidade de fibras, pouco compactas; tem ampla ocorrência no corpo humano, com função de preenchimento. Tecido conjuntivo adiposo = células preenchidas por gordura; ocorre na camada mais profunda da pele.

5. b) A cartilagem fibrosa é a mais resistente, pois apresenta abundância em fibras colágenas. A cartilagem hialina possui fibras colágenas pouco abundantes e imersas em uma matriz homogênea; é menos resistente do que a cartilagem fibrosa e menos elástica que a cartilagem elástica, a qual, como o próprio nome diz, possui maior elasticidade.

6. b) Os impulsos nervosos são transmitidos dos dendritos para o corpo celular e de lá para os axônios. Do axônio, o impulso passa à célula muscular. A comunicação entre o axônio e a célula receptora do estímulo chama-se sinapse. Nessa região, determinada por uma fenda sináptica, ocorre liberação de substâncias que, quando recebidas pela célula muscular, geram uma resposta (contração).

Ciência, Tecnologia e Sociedade

8. c) Inicialmente, a pessoa que quiser ser doadora de tecidos e/ou órgãos deve conversar com a família para deixar claro seu desejo. Segundo o Ministério da Saúde:

> O doador vivo é qualquer pessoa saudável que concorde com a doação, desde que não prejudique a sua própria saúde. Pode ser doado um dos rins, parte do fígado, parte da medula óssea ou parte do pulmão. Pela lei, parentes até o quarto grau e cônjuges podem ser doadores. Não parentes, somente com autorização judicial.
>
> O doador falecido é um paciente com morte encefálica, com a completa e irreversível parada de todas as funções do cérebro; geralmente vítima de dano cerebral irrecuperável, como traumatismo craniano ou acidente vascular cerebral (AVC).
>
> A morte encefálica é atestada por médicos, apoiados por exames baseados em sólidas e reconhecidas normas médicas e por testes, feitos para confirmar a ausência do fluxo sanguíneo ou da atividade cerebral.
>
> No Brasil, para ser um doador não é preciso deixar nada por escrito, nem registrado em documentos. O essencial é ter uma conversa com sua família sobre essa intenção. No momento certo, ela tomará a decisão; afinal, a doação só acontecerá após a autorização familiar, por escrito. [...]
>
> A retirada dos órgãos é realizada em centro cirúrgico, como qualquer outra cirurgia. O corpo do doador é então reconstituído, podendo ser velado normalmente.
>
> Portal da Saúde. Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/1199-sas-raiz/dahu-raiz/transplantes-raiz/transplantes/transplantes-destaque/20838-lorem-ipsum>. Acesso em: 26 mar. 2016.

8. d) No Brasil, qualquer pessoa pode se tornar doadora de órgãos. Para que isso aconteça, é necessário que logo após a morte a família autorize por escrito essa doação. Ao longo da atividade, é importante também destacar aos jovens que muitas vidas podem ser salvas e transformadas com um gesto como o da doação de órgãos. Por fim, é fundamental que o respeito a quem não deseja ser um doador também seja promovido em sala de aula.

Questões do Enem e de vestibulares

9. As glândulas se formam a partir de células epiteliais que proliferam e invadem o tecido conjuntivo subjacente. As glândulas exócrinas apresentam um ducto por onde suas secreções serão liberadas, enquanto as glândulas endócrinas lançam secreções diretamente na corrente sanguínea.

10. Tabela:

Conjunto celular	Função principal	Evidência citológica que comprova a função	Folheto embrionário que origina conjunto celular
A	Absorção	Microvilos	Endoderme
B	Reserva energética	Vesícula de deposição de lipídios	Mesoderme
C	Contração	Estrias: proteínas contráteis	Mesoderme